2

A pesquisa em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Desafios atuais e perspectivas futuras

Clécio Danilo Dias da Silva
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

Ano 2021

A pesquisa em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Desafios atuais e perspectivas futuras

2

Clécio Danilo Dias da Silva
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

Ano 2021

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Ano 2021

Ciências Biológicas e da Saúde

A pesquisa em ciências biológicas: desafios atuais e perspectivas futuras 2

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Danyelle Andrade Mota

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 A pesquisa em ciências biológicas: desafios atuais e perspectivas futuras 2 / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Danyelle Andrade Mota. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-526-3
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.263210410

1 Ciências biológicas. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). III. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

Ciências Biológicas e da Saúde

DECLARAÇÃO DA EDITORA

Ano 2021

APRESENTAÇÃO

As Ciências Biológicas, assim como as diversas áreas da Ciência (Naturais, Humanas, Sociais e Exatas), passam por constantes transformações, as quais são determinantes para o seu avanço científico. Nessa perspectiva, a coleção "A Pesquisa em Ciências Biológicas: Desafios Atuais e Perspectivas Futuras", é uma obra composta de dois volumes com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem nas Ciências Biológicas.

Assim, a coleção é para todos os profissionais pertencentes às Ciências Biológicas e suas áreas afins, especialmente, aqueles com atuação no ambiente acadêmico e/ou profissional. Cada volume foi organizado de modo a permitir que sua leitura seja conduzida de forma simples e com destaque por área da Biologia.

O Volume I "Saúde, Meio Ambiente e Biotecnologia", reúne 17 capítulos com estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa. Os capítulos apresentam resultados bem fundamentados de trabalhos experimentais laboratoriais, de campo e de revisão de literatura realizados por diversos professores, pesquisadores, graduandos e pós-graduandos. A produção científica no campo da Saúde, Meio Ambiente e da Biotecnologia é ampla, complexa e interdisciplinar.

O Volume II "Biodiversidade, Meio Ambiente e Educação", apresenta 16 capítulos com aplicação de conceitos interdisciplinares nas áreas de meio ambiente, ecologia, sustentabilidade, botânica, micologia, zoologia e educação, como levantamentos e discussões sobre a importância da biodiversidade e do conhecimento popular sobre as espécies. Desta forma, o volume II poderá contribuir na efetivação de trabalhos nestas áreas e no desenvolvimento de práticas que podem ser adotadas na esfera educacional e não formal de ensino, com ênfase no meio ambiente e manutenção da biodiversidade de forma de compreender e refletir sobre problemas ambientais.

Portanto, o resultado dessa experiência, que se traduz nos dois volumes organizados, objetiva apresentar ao leitor a diversidade de temáticas inerentes as áreas da Saúde, Meio Ambiente, Biodiversidade, Biotecnologia e Educação, como pilares estruturantes das Ciências Biológicas. Por fim, desejamos que esta coletânea contribua para o enriquecimento da formação universitária e da atuação profissional, com uma visão multidimensional com o enriquecimento de novas atitudes e práticas multiprofissionais nas Ciências Biológicas.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, e juntos, convidamos os leitores para desfrutarem as publicações.

Clécio Danilo Dias da Silva

Danyelle Andrade Mota

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA DINÂMICA SEDIMENTAR ESPAÇO-TEMPORAL DOS ESTUÁRIOS DO IPOJUCA E MEREPE (PE) COM BASE NOS COMPONENTES DA FRAÇÃO ARENOSA (0,25MM E 0,50MM)

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 06/07/2021

Thamiris Tárcila Veiga
Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE
ID Lattes: 9139628120762741

Roberto Lima Barcellos
Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE
ID Lattes: 1440986556375674

Luciana Dantas dos Santos
Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE
ID Lattes: 8805511945101477

RESUMO: O presente trabalho objetiva compreender, por meio da análise dos componentes da fração arenosa, as variações espaço-temporais que regem a dinâmica sedimentar do sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe (PE). Foram coletados um testemunho e 50 amostras superficiais ao longo do sistema estuarino, durante as estações seca e chuvosa, nos anos de 2016 e 2017. Sedimentos das frações granulométricas 1ø (Areia grossa) e 2ø (Areia média) foram observados em lupa binocular, na qual foram identificados os componentes sedimentares e as características morfométricas dos grãos minerais. Foi aplicado também o índice de biogênicos marinhos (BM). O testemunho é composto em sua maioria por fragmentos de vegetais e rochas, com poucos grãos de quartzo e de carapaças carbonáticas. Por outro lado, amostras dos sedimentos superficiais são compostas principalmente por grãos quartzosos, com poucos fragmentos de rochas, de vegetais e de carapaças. Apenas alguns pontos apresentam sedimentos carbonáticos em sua composição, indicando a predominância de sedimentos litoclásticos. A distribuição dos grãos de origem marinha e continental não apresentou diferenças significativas entre as estações seca e chuvosa. O índice de biogênicos marinhos aplicado revelou valores negativos em quase todas as amostras observadas, evidenciando maior influência de fontes continentais, o que está diretamente relacionado ao fato dos estuários dos rios Ipojuca e Merepe estarem localizados no centro de uma área com extensa cobertura de manguezais e influência marinha restrita. Quanto à forma e textura dos grãos minerais, prevaleceram partículas com textura brilhante, alta esfericidade e arestas subangulosas à angulosas, típicos de transporte pelo aporte fluvial e retrabalhamento subaquoso estuarino atual. No estudo temporal do testemunho, foram observadas oscilações periódicas na composição dos sedimentos, sendo a presença de grãos de origem marinha inversamente proporcional aos fragmentos continentais, indicando uma possível associação entre tais flutuações e períodos de fortes chuvas ou variações no nível do mar.

PALAVRAS - CHAVE: Estuário; Fração arenosa; Sedimentos; Sazonalidade; Ipojuca.

ANALISYS OF SPATIO-TEMPORAL SEDIMENTARY DYNAMICS OF IPOJUCA-MEREPE ESTUARIES BASED ON SANDY FRACTION COMPONENTS (0,25MM AND 0,50MM)

ABSTRACT: This article aims to understand the spatiotemporal variations that governs the sedimentary dynamics in the estuarine-lagoon system, in the estuaries of Ipojuca and Merepe rivers (PE), by means of the analysis of the sand fraction components. One core and 50 surface samples were collected in the estuarine system, during the dry and the rainy season, in the years 2016 and 2017. The grain-size fractions of 1ø (Coarse Sand) and 2ø (Medium Sand) were analyzed under a binocular magnifier, identifying the sediment components and their morphometric characteristics. The marine biogenic (BM) index was also applied. The core is mainly composed of plant and rock fragments, with few quartz minerals and carbonate shells. In contrast, samples from the surface sediments contain mostly quartz, with few rocks, vegetation, and shell fragments. Only some locations have presented carbonate sediments in their composition, indicating the prevalence of lithogenic sediments. The distribution of marine and continental sediments did not show significant differences between the dry and rainy seasons. The marine biogenic index revealed negative values in most samples, showing the greater influence of continental sources, which is directly related to the Ipojuca and Merepe rivers estuaries being in the center of an area with extensive mangrove cover and restricted marine influence. The form and texture of the grains exhibited minerals with a polished texture, high sphericity, and sub-angular to angular edges prevalence. In the core were observed temporal oscillations in sediment composition, with the presence of biogenic sediments being inversely proportional to continental fragments. Thus, indicating a possible association between such fluctuations and the periods of heavy rainfall or variations in the sea level.

KEYWORDS: Estuary; Sandy Fraction; Sediments; Seasonality; Ipojuca.

1 I INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes costeiros de transição amplamente variados e de definição complexa. Segundo DYER (1995), podem ser definidos como corpos d'água semi-fechados, diretamente ligados ao oceano, que percorrem o rio até o limite máximo de influência da maré, onde a água do mar é parcialmente diluída pela água doce que vem do continente. Esses ambientes são formados quando há ocorrência de um processo de elevação relativa do nível do mar (transgressão marinha), levando à inundação de um vale de rio pela água do mar e a consequente mistura de águas doce e salgada (NICHOLS, 2009). Em grande parte desses estuários a hidrodinâmica é regida por processos de mistura que são gerados pela oscilação das marés e das descargas fluviais, o que ocasiona grande variabilidade temporal nos campos de velocidade e salinidade (FONTES, MIRANDA, & ANDUTTA, 2014). Devido a tais processos hidrodinâmicos, o estuário é alimentado por sedimentos contrastantes marinhos e continentais, que são trazidos pelo rio ou vindos da plataforma continental adjacente através do movimento das marés (DALRYMPLE, ZAITLIN, & RON BOYD, 1992). Algumas mudanças físicas no ambiente, decorrentes de

processos de erosão, sedimentação e transporte de sedimentos, podem causar alterações na dinâmica local por contribuírem na modificação da batimetria e da morfologia em suas margens, afetando os padrões das correntes locais e, consequentemente, o deslocamento e a distribuição das partículas sedimentares (FONTES et al., 2014).

Grãos presentes em ambientes de sedimentação marinhos são compostos em sua maioria por material detrítico vindo do continente (sedimentos terrígenos) e por sedimentos formados no próprio ambiente marinho (sedimentos biogênicos). Sedimentos terrígenos são gerados principalmente a partir do intemperismo de rochas continentais, o qual forma partículas sedimentares que são carregadas por correntes de água que fluem em direção ao oceano, enquanto sedimentos biogênicos são originados a partir de substâncias extraídas da água do mar, através de processos químicos, físicos e biológicos (TUREKIAN, 1996). Sedimentos terrígenos são encontrados de duas formas nos depósitos sedimentares, em forma inorgânica, tais como partículas de minerais e fragmentos de rocha, e de forma orgânica, como micro-raízes, folhas, sementes e outras partículas vegetais. Já os sedimentos de origem marinha (autóctones) são compostos por partículas bioquímicas, em geral provenientes de estruturas carbonáticas excretadas por organismos marinhos, e por partículas autigênicas, geradas a partir de reações químicas entre a água do mar e determinados compostos minerais presentes no ambiente (BAPTISTA NETO et al. 2004).

A composição e as características dos sedimentos que são depositados refletem diretamente as condições as quais o ambiente está submetido. O tamanho dos grãos, por exemplo, está diretamente relacionado à energia do agente transportador e devido à variedade de processos que os grãos podem sofrer. Assim, a análise desses sedimentos permite a identificação e caracterização dos diferentes ambientes deposicionais (DAVIS, 2004).

O objetivo desse trabalho, portanto, visa compreender por meio da análise dos componentes da fração arenosa, as variações espaço-temporais que regem a dinâmica sedimentar do sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe (PE). Os resultados obtidos também poderão contribuir ou auxiliar futuros estudos de dinâmica sedimentar e caracterização ambiental realizados na área.

1.1 Área de estudo

O sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe está localizado a cerca de 40km da capital Recife (figura 1) e apresenta características climáticas típicas de regiões tropicais costeiras, com duas estações bem definidas, uma seca (de setembro a fevereiro), com precipitação média mensal de 70 mm e uma chuvosa (de março a agosto), com precipitação média mensal de 250 mm (LINS, 2002).
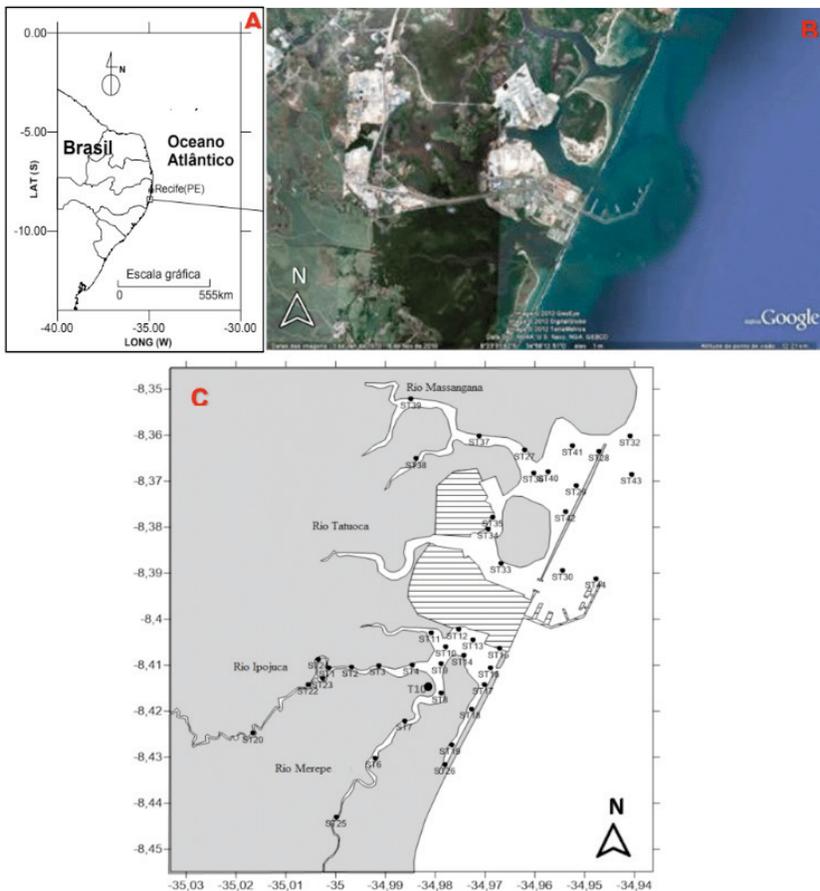
Figura 1. Localização do Sistema costeiro de Suape, mostrando a distribuição das estações de coleta de sedimentos superficiais e do testemunho (T10) no sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe.

O baixo estuário do Ipojuca é um sistema bastante raso (< 4,5m) e heterogêneo, classificado como tipo 1, segundo a classificação de Hansen & Rattray (1966), no qual a temperatura e a salinidade variam sazonalmente em resposta às flutuações no aporte de água doce e à amplitude de maré. O estuário apresenta também um campo de temperatura um pouco mais elevado devido à baixa profundidade, porém relativamente homogêneo ao longo do sistema e estável nos ciclos de marés (LINS, 2002). Quanto à fauna local, são encontrados diversos filos, principalmente de zooplâncton e zoobentos, como é mostrado, por exemplo, em NEUMANN-LEITÃO (1996) que encontrou 66 táxons de zooplâncton do estuário do Ipojuca, incluindo os Filos Rotifera e Foraminifera.

O Complexo industrial do Porto de Suape (CIPS) é um dos mais importantes portos do Brasil e o principal da Região Nordeste (BARCELLOS & SANTOS, 2018). Ele está localizado 40km ao sul da cidade de Recife e se estende da foz do rio Ipojuca até o rio

Massangana, cobrindo uma área de 3.232,58 ha, entre os municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho (OLIVEIRA et al., 2020).

O rio Merepe é um rio costeiro, paralelo à costa, que possui aproximadamente 18km extensão desde sua nascente até a desembocadura (MIRANDA, 2019). O rio Ipojuca, por outro lado, nasce na cidade de Arcoverde, no interior do estado de Pernambuco, e se estende por cerca 250 km, percorrendo 25 municípios e cobrindo uma área de 3435 km^2 até chegar à costa (LINS & MEDEIROS, 2018). As águas dos rios Ipojuca e Merepe se encontram no limite sul do Complexo industrial do Porto de Suape, onde estão submetidos a impactos ambientais de diferentes fontes relacionadas ao Porto e ao transporte fluvial, resultando na aquisição de grande quantidade de contaminantes (SANTOS et al. 2019).

O sistema estuarino de Suape está submetido a um regime de mesomáres semidiurnas (SCHETTINI et al. 2016), as quais atingem altura média por volta de 2m durante a sizígia e 0,7m durante a quadratura (PORTO DE SUAPE, 2020). O regime de marés, associado aos solos orgânicos da área influenciam diretamente na diversidade das florestas de mangues que cercam o sistema estuarino, essas comunidades, por sua vez, também são responsáveis por uma variedade de serviços ambientais, como estabilização do solo e fornecimento de habitats para a fauna local (PASSOS et al. 2021).

A geologia da área é caracterizada por rochas do embasamento cristalino, formados por granitóides, aflorantes e sedimentos meso-cenozóicos da Bacia de Pernambuco, a região também é composta basicamente por sedimentos quaternários, sedimentos de praia, recifes de arenito e predominantemente por sedimentos de mangue (CPRH, 2014). O baixo estuário do Ipojuca também demonstra uma tendência à estratificação no sentido lateral, onde possui alta concentração de silte e argila de origem fluvial que se misturam com areias mais finas na parte central e com areias médias em direção ao norte, até enfim se misturarem com cascalhos calcários (Neumann et al., 1998). No geral os sedimentos variam bastante ao longo do sistema estuarino, mas os grãos arenosos são predominantes, ainda que, em sua maioria, pobremente selecionados (SANTOS et al. 2019). Trabalhos anteriores especificamente sobre a análise da fração arenosa na área estão restritos a Barcellos et al. (2018) e Barcellos et al. (2019), realizados na porção norte do sistema estuarino adjacente ao Porto de Suape, na Baía de Suape e Estuários do Massangana.

Impactos ambientais são observados na área estuarina e manguezais locais associados ao incremento das atividades urbano-portuárias, tal qual observado nos trabalhos de Oliveira et al. (2020), Oliveira et al. (2021) e Passos et al. (2021), que indicaram enriquecimento de metais (Ga, Pb, V e Zn) e nutrientes em sedimentos de subsuperfície, principalmente nos últimos 40 anos.

2 | MÉTODOS

2.1 Etapa de Campo

Foram realizados 2 cruzeiros oceanográficos, em setembro de 2016 (final da estação chuvosa) e março de 2017 (final da estão seca), nos quais foram coletadas, por meio de um amostrador de mandíbulas, 50 amostras de sedimentos superficiais em pontos obtidos, por um GPS (*Garmin Etrex-20)*, distribuídos ao longo dos estuários dos rios Ipojuca e Merepe, durante o desenvolvimento do projeto FACEPE *"Suape-Geosub"* (APQ-0260-1.08/15). Em dezembro de 2017 (estação seca), foi realizada uma nova amostragem no baixo estuário do rio Merepe (8º24'59,4" 34º58'52,7") (Figura 1), onde foi coletado também um testemunho de sondagem com 2,08m de recuperação, utilizando um tubo de PVC por meio da técnica de "*push-core*".

2.2 Etapa de laboratório

Em laboratório, o perfil sedimentar coletado foi fracionado verticalmente em porções de 2 cm, gerando 104 amostras. Entre os sedimentos superficiais foram selecionados os 13 pontos (ST2, ST4, ST6, ST8, ST9, ST10, ST13, ST16, ST17, ST19, ST20, ST23, ST25) que melhor representavam o sistema estuarino estudado, para a realização das análises da fração arenosa. Todos os sedimentos foram secos em estufa a 50°C e uma alíquota de 5 gramas foi retirada de cada amostra foi separada. A análise dos sedimentos da fração arenosa seguiu a metodologia proposta por Shepard & Moore (1954), modificada por MAHIQUES (1987).

Todas as amostras foram peneiradas separadamente de acordo com as técnicas de peneiramento e pipetagem descritas em SUGUIO (1973) e os sedimentos de tamanho areia grossa (1Ø) e areia média (2Ø) retidos nas peneiras de malha 0,707-0,500mm e 0,350-0,250mm, respectivamente, foram separados e levados para análise em lupa binocular. As porções de 1Ø e 2Ø de cada amostra foram observadas com foco na identificação dos componentes sedimentares e de suas características morfoscópicas. Após o reconhecimento geral de cada amostra, foram selecionados aleatoriamente cerca de 300 grãos de sedimentos para a identificação dos seus componentes, a partir de modificação proposta por HUBERT (1971).

Os sedimentos de quartzo e de outros minerais presentes nas amostras foram submetidos a análise morfoscópica (Krumbein, 1941), na qual foram observadas as características externas dos grãos, como o grau de arredondamento, nível de esfericidade e textura superficial. Tais informações fornecem complemento para as análises, pois auxiliam na determinação dos tipos de transporte e processos sofridos pelos sedimentos, bem como seus prováveis agentes deposicionais.

2.3 Tratamento dos dados

Os grãos identificados foram divididos em grupos, de acordo com as principais classes observadas (fragmentos de rochas, quartzo, fragmentos vegetais, fragmentos carbonáticos).

Após as contagens, foi aplicado o índice de biogênicos marinhos (BM) proposto por MAHIQUES et al. (1998), que avalia estatisticamente a influência marinha ou continental na sedimentação local a partir da diferença entre as frequências relativas dos constituintes biogênicos marinhos e dos constituintes terrígenos. Os valores variam de -1 a +1, sendo as amostras com valores mais próximos de -1 aquelas com maior influência continental na composição dos sedimentos e as amostras com valores próximos de +1 aquelas com maior influência marinha. Amostras com BM igual a zero ou valores muito próximos a ele, indicam de uma influência equilibrada no aporte de sedimentos de ambas as fontes.

3 | RESULTADOS

3.1 Variações espaciais sazonais na composição da fração arenosa:

Os principais grupos de sedimentos superficiais observados para as frações de areia grossa e areia média,coletados na estação chuvosa(Set-16), estão representados nas figuras 2 e 3.

Figura 2. Gráfico com porcentagem de cada grupo de componentes observados nas amostras da estação chuvosa da fração de 1 phi (areia grossa: 0,50mm) analisadas em
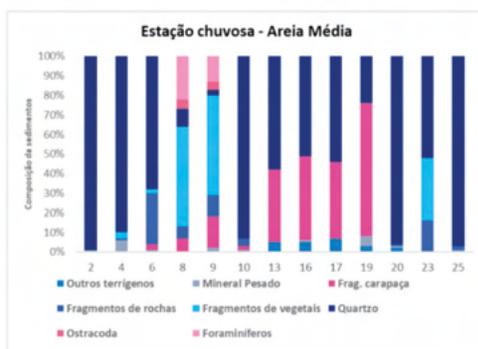
Figura 3. Gráfico com porcentagem de cada grupo de componentes observados nas amostras da estação chuvosa da fração de 2

As amostras superficiais apresentaram predominância de grãos terrígenos quartzosos, com menor ocorrência de fragmentos de rochas e de vegetais em ambos os períodos do ano analisados. Foram encontrados fragmentos de estruturas carbonáticas oriundas de organismos marinhos, como espículas de ouriço e fragmentos de conchas de moluscos,

além de quantidades significativas de carapaças de foraminíferos e algumas estruturas silicosas, como espículas de esponjas. Sedimentos antropogênicos, representados por pedaços de linha de pesca e microplásticos, também foram encontrados em parte das amostras, porém em quantidades inferiores a 1% da composição total dos sedimentos, portanto foram somados a outros fragmentos de origem continental encontrados em menor quantidade e descritos nos gráficos como “outros terrígenos”.

Como pode ser observado, há predomínio de grãos de quartzo em grande parte das amostras, e secundariamente há ocorrência de fragmentos de rochas e de fragmentos carbonáticos. Os pontos 13, 16, 17 e 19 apresentaram maior quantidade de grãos de origem marinha, em comparação com as outras amostras. Neste ponto, portanto, a Baía do Ipojuca encontra-se submetida à maior influência marinha no que diz respeito ao aporte e produção de sedimentos biogênicos para o sistema. Isso ocorre devido à sua conexão direta com o oceano, mesmo que limitada pela barreira de beachrocks, o que propicia essa maior sedimentação de origem biogênica marinha observada para área da desembocadura da baía (Sts 16 e 17) e, também para a laguna de Muro Alto (St 19). Por outro lado, os pontos 8, 9 (baixo estuário do Merepe) e 23 (alto estuário do Ipojuca) se destacam por exibirem porções de fragmentos rochosos e de vegetais dominando as amostras, denotando essa forte influência continental.

As amostras coletadas na estação seca (Mar-17) apresentaram valores percentuais similares aos da estação chuvosa, porém com a quantidade de fragmentos rochosos reduzida, devido ao menor aporte fluvial ocasionado pela baixa quantidade de chuvas. Com a diminuição desse aporte há também o domínio de grãos quartzosos em alguns pontos, como é demonstrado nos gráficos das figuras 4 e 5.
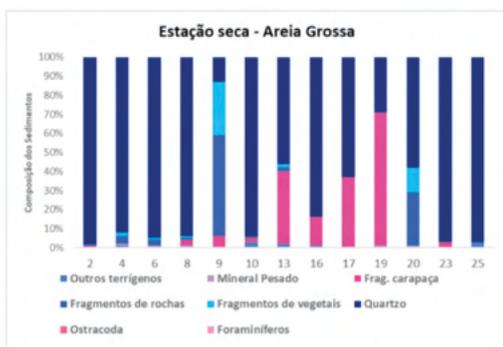
Figura 4. Gráfico com porcentagem de cada grupo de componentes observados nas amostras da estação seca da fração 1 phi (areia grossa) analisadas em lupa.

Figura 5. Gráfico com porcentagem de cada grupo de componentes observados nas amostras da estação seca da fração 2 phi (areia média) analisadas em lupa.

Houve uma clara redução de fragmentos rochosos nas amostras durante a estação seca. A estação 8, composta predominantemente pela mistura desses sedimentos com fragmentos de vegetais passou a ser constituída quase unicamente por quartzo durante o período de estiagem. A situação inversa ocorreu no ponto 20, no qual houve predomínio de grãos quartzosos durante a estação chuvosa e aumento de fragmentos de vegetais e de rochas durante a estação seca. O que é coerente com a localização desta amostra que foi coletada no limite superior do alto estuário do rio Ipojuca, indicando que a influência terrígena ficaria limitada a esta porção do sistema nesta época do ano, devido ao baixo aporte fluvial (Lins e Medeiros, 2018) e, consequentemente, de sedimentos para o período. As demais estações de coleta apresentaram composição em proporções semelhantes nos dois períodos analisados.

3.2 Variações temporais na composição da fração arenosa:

Quanto às amostras do perfil sedimentar do testemunho T-10, há predominância de sedimentos de origem vegetal e de fragmentos de rochas nos sedimentos de até cerca de 1 metro de profundidade. A partir desse ponto verifica-se um aumento súbito de grãos minerais, principalmente grãos de quartzo, que se tornam os componentes principais do sedimento em amostras do meio até a base do testemunho. Outros tipos de sedimentos, como fragmentos de conchas, carapaças, foraminíferos, espículas, espinhos, microplásticos, entre outros, também foram observados em sedimentos do testemunho, porém em quantidades relativamente baixas, quando comparados aos demais componentes. Variações periódicas no aporte de fragmentos rochosos foram observadas até a metade superior do perfil sedimentar, as amostras de profundidades maiores que 1 metro apresentaram redução gradativa no número de fragmentos rochosos e de fragmentos vegetais, até quase desaparecem por completo entre os sedimentos mais próximos da base.

3.3 Índice de Biogênicos Marinhos:

O cálculo do índice de biogênicos marinhos, tanto em amostras do testemunho quanto em amostras superficiais, apresentou maior quantidade de números negativos e próximos de -1, indicando que o local sofre maior influência do aporte de sedimentos terrígenos, entre eles minerais (principalmente de quartzo), fragmentos de rochas, fragmentos de vegetais, sedimentos antropogênicos e alguns fragmentos de metais que foram observados em algumas amostras.

Entre as amostras superficiais, o ponto 19 foi o único a obter um valor positivo no índice de biogênicos marinhos, sendo este igual a 0,36 e 0,38 nas frações de areia média e 0,00 e 0,40 nas frações de areia grossa, para as estações chuvosa e seca, respectivamente. Os demais pontos têm seus valores mostrados nas figuras 6 e 7.
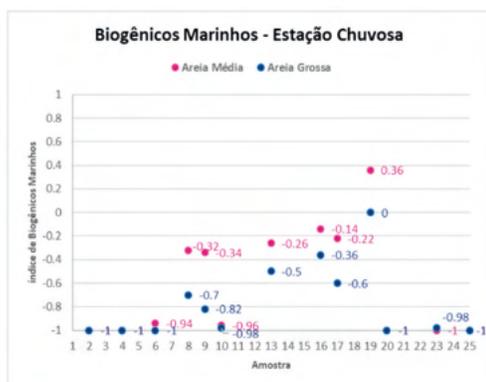
Figura 6. Gráfico do Índice de biogênicos marinhos para as amostras superficiais de tamanho 1 phi e 2 phi coletadas durante a estação seca.
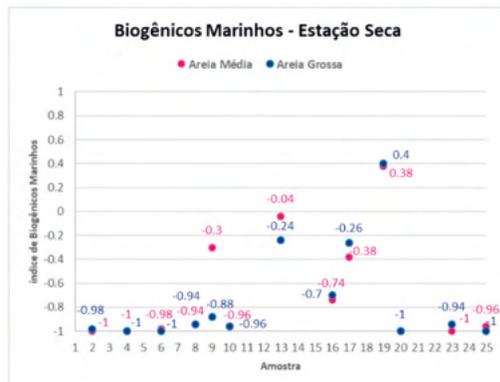
Figura 7. Gráfico do Índice de biogênicos marinhos para as amostras superficiais de tamanho 1 phi e 2 phi coletadas durante a estação chuvosa.

Os sedimentos do testemunho são compostos, em sua maioria, por grãos de origem continental, principalmente por vegetais e minerais de quartzo. O índice de biogênicos marinhos aplicado (figura 8) evidenciou a baixa quantidade de amostras com valores positivos ou próximos de zero, sendo estas apenas amostras mais próximas do topo, que apresentaram muitas carapaças de foraminíferos. O maior valor do índice BM (0,22) observado foi na fração de areia média, na amostra 3 (porção de 4 a 6 cm de profundidade), que continha muitas carapaças de ostracodes, um organismo marinho. Outros valores positivos foram observados nas amostras entre 60 cm e 70 cm de profundidade que também apresentaram alta quantidade de carapaças de foraminíferos e de outros fragmentos carbonáticos, influenciando positivamente o índice BM calculado.
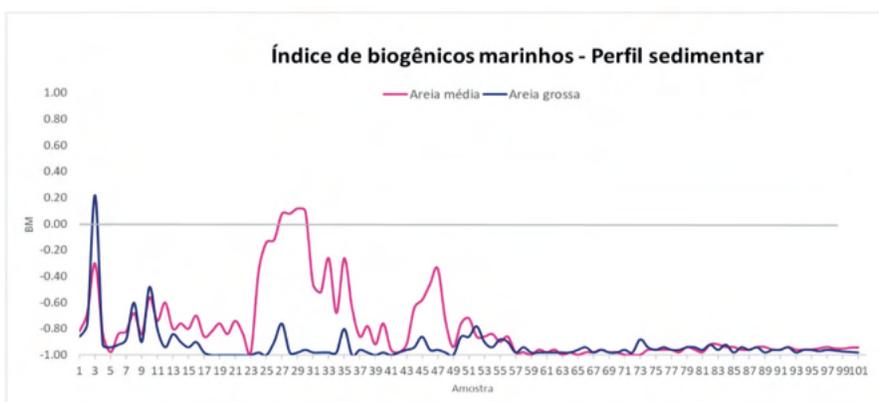
Figura 8. Gráfico do Índice de biogênicos marinhos para as amostras das frações de 1 phi e 2 phi do testemunho.

Obs.: Cada amostra descrita no eixo horizontal do gráfico representa uma porção de 2 cm do perfil amostrado, sendo a amostra 1 equivalente aos sedimentos de 0 a 2 cm e a amostra 101 equivalente aos sedimentos de 206 a 208 cm.

3.4 Morfometria

As características morfométricas dos grãos minerais de todas as amostras analisadas são semelhantes entre si e, no geral, apresentam sedimentos com textura polida, baixo grau de arredondamento e alto nível de esfericidade. Em resumo, o arredondamento dos grãos variou de angulosos a subarredondados, com poucos minerais apresentando arestas bem arredondadas, já a esfericidade observada foi em grande parte alta e poucos grãos exibiram maior excentricidade. Por fim, quanto à textura dos grãos, todos os minerais quartzosos apresentaram superfície bem polida ou levemente fosca.

As amostras do testemunho sedimentar apresentam sedimentos de tamanho 2 ϕ (areia média) com maior quantidade de grãos subangulosos, alta esfericidade e textura polida. Enquanto as amostras de tamanho 1 ϕ (areia grossa) apresentam grãos subarredondados, alta esfericidade e textura em geral polida, porém com alguns grãos de textura superficial levemente fosca. Não foi identificado nenhum padrão de características morfométricas relacionado às diferentes profundidades das amostras do perfil sedimentar.

Os sedimentos superficiais, tanto da estação seca quanto da estação chuvosa, exibem tendência a ter grãos com arestas angulosas a subangulosas na fração de areia média e arestas subangulosas a subarredondadas na fração de areia grossa. Foi observada esfericidade predominantemente alta para as frações de areia média e grossa em ambas as estações. A textura superficial dos grãos se apresentou polida nos grãos de tamanho 2 ϕ, porém no tamanho 1 ϕ algumas amostras apresentam minerais com textura levemente fosca.

4 | DISCUSSÃO

4.1 Variações espaciais sazonais na dinâmica sedimentar:

Sedimentos de camadas superficiais refletem as condições atuais do ambiente no qual estão inseridos, podendo sofrer fortes variações em diferentes estações do ano, por exemplo. Portanto o teor composicional encontrado em amostras superficiais está diretamente relacionado aos padrões de entrada da maré no sistema estuarino e às chuvas, que influenciam no fluxo de água dos rios e na lixiviação de rochas emersas, proporcionando maior aporte de sedimentos continentais para regiões oceânicas costeiras (BAPTISTA NETO et al. 2004).

Os fragmentos carbonáticos encontrados nas amostras de tamanho 2 ϕ (areia média) consistem principalmente em carapaças de foraminíferos, enquanto amostras com grãos de tamanho 1 ϕ (areia grossa) são compostas majoritariamente por fragmentos de conchas e esqueletos carbonáticos. As carapaças de foraminíferos observadas não exibem danos em sua estrutura e, por se tratar de organismos pequenos, ficaram retidas apenas na peneira de malha com menor abertura (250mm). Os demais fragmentos carbonáticos

pertenciam, em geral, a organismos maiores, como moluscos bivalves, por exemplo. Ao contrário das carapaças de foraminíferos que são originalmente pequenas, as estruturas carbonáticas maiores demandam tempo e energia para serem fragmentadas em partículas finas. É esperado, portanto que tais sedimentos sejam encontrados com maior abundância em classes granulométricas maiores, tal qual observado para a baía de Suape, na porção norte do sistema Barcellos et al. (2018) e no Canal de São Sebastião (SP) por Barcellos e Furtado (2001).

Entre as amostras superficiais, o maior volume de sedimentos biogênicos foi encontrado no ponto localizado na laguna de Muro Alto (St 19), onde não há ligação direta com os rios, facilitando o transporte de material carbonático trazido perenemente da plataforma continental pelas ondas durante as marés cheias. Também foi observada grande quantidade de sedimentos biogênicos na estação 13, localizada próxima à TermoPE (termelétrica) e à desembocadura do estuário na baía do Ipojuca, onde há contato direto com o mar e, consequentemente, maior abundância de grãos de origem marinha que são transportados diariamente pelos fluxos de maré.

Todo o sistema estuarino dos rios Ipojuca e Merepe é circundado por áreas de manguezal, proporcionando acúmulo de partículas vegetais em algumas áreas, como foi observado na composição de amostras superficiais, que também continham grande quantidade de partículas rochosas, relacionadas à presença nas proximidades da Suíte Granítica do Cabo (Oliveira et al., 2020). De acordo com BAPTISTA NETO et al. (2004) e TUREKIAN (1996) fragmentos de rochas muitas vezes são gerados por consequência do intemperismo mecânico que desintegra porções e partículas contendo todos os minerais e características da rocha original, esses fragmentos por sua vez são carregados por fluxos d’água em direção ao oceano, juntamente à grãos de minerais puros e lá são retrabalhados pelas ondas. Porém, se não houver energia suficiente no ambiente para continuar transportando esses sedimentos para o oceano, eles podem acabar temporariamente retidos nas regiões estuarinas, por isso, em alguns casos, coletas sedimentares apresentam amostras com grande número de fragmentos rochosos em sua composição.

O índice de Biogênicos Marinhos (BM) aplicado nas amostras superficiais maior tendência à valores negativos e muito próximos de -1 em sedimentos coletados no final da estação chuvosa e valores ainda em maioria negativos, porém mais próximos de zero em sedimentos da estação seca, o que denotaria uma maior influência marinha para esta época.

O índice BM varia de -1 a +1, sendo os valores negativos indicativos de maior influência continental na região e valores positivos indicativos maior influência marinha (MAHIQUES et al., 1998). Segundo os resultados obtidos, todos os sedimentos analisados sofrem maior influência do aporte continental, com a única exceção no ponto 19, o qual está localizado dentro do ambiente da laguna de Muro Alto, a qual não sofre interferência direta do aporte fluvial.

Sedimentos continentais chegam ao oceano principalmente através dos rios, que por sua vez são abastecidos em grande parte através de fluxos d’água gerados pelas chuvas que carregam sedimentos provenientes da lixiviação da superfície de rochas e solos. Deste modo esperava-se que as amostras coletadas durante a estação chuvosa apresentassem a maior parcela de minerais e fragmentos de rochas, que são os principais componentes dos sedimentos de origem continental, entretanto os resultados mostraram a situação inversa, na qual a estação seca apresentou maior quantidade de componentes terrígenos.

As amostras da estação chuvosa foram coletadas em setembro de 2016, no final do período de chuvas, e as amostras da estação seca foram coletadas em março de 2017, no final do período de estiagem. Apesar das estações, no município de Ipojuca, onde está localizada a área de estudo, o volume de chuva acumulada para o mês de setembro de 2016 foi de 36 mm, enquanto para o mês de março de 2017 esse volume foi de 122,6 mm (APAC-PE), ou seja, a maior quantidade de chuvas na estação seca ficou refletida na composição dos sedimentos coletados nesse período, apresentando sedimentos biogênicos mais adentro do estuário no final do período chuvoso e mais retidos próximo à desembocadura no final do período estiagem.

Na figura 9 é ilustrada a representação das influências marinha e continental sobre a composição dos sedimentos, de acordo com os valores obtidos na aplicação do índice BM.
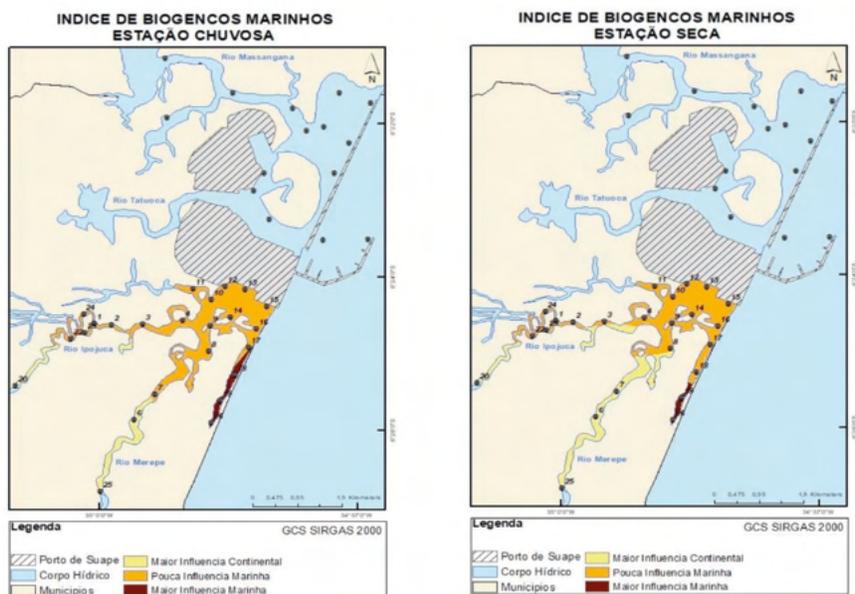
Figura 9. Mapa gerado a partir dos valores do índice de biogênicos marinhos aplicado às amostras superficiais de tamanho 2 phi (areia fina), mostrando a distribuição dos pontos de coleta e das influências marinha e continental sobre as regiões do sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe.

4.2 Variações temporais na sedimentação:

Como sedimentos de amostras superficiais refletem as características recentes do ambiente em que estão inseridos, o perfil sedimentar expõe, através de camadas, registros de condições ambientais pretéritas, cujo estudo pode auxiliar no entendimento da evolução da geologia e da dinâmica local (SUGUIO et al., 1985). A fração arenosa do testemunho analisado apresentou grande variação na composição das amostras em diferentes profundidades, o que está diretamente relacionado às diferentes características ambientais das épocas em que os sedimentos foram depositados.

As amostras da metade ao topo do testemunho (T-10) são compostas principalmente por fragmentos de rochas, vegetais e estruturas carbonáticas, com proporções alternadas ao longo do perfil. A abundância de fragmentos vegetais se dá pelo fato de o local estar cercado por manguezais, o que proporciona suprimento constante deste tipo de sedimento para a área. Já os fragmentos de rochas são trazidos pelo curso fluvial e sua variação entre as camadas do testemunho pode estar relacionado à ocorrência de períodos chuvosos, que favorecem o aporte desses grãos, intercalados por períodos secos. Em relação aos sedimentos carbonáticos, a quantidade elevada de grãos encontrados em algumas amostras é devida principalmente ao grande número de carapaças de foraminíferos presentes nos sedimentos de tamanho 2ϕ (areia média). Segundo NEUMANN-LEITÃO (1996) foraminíferos da família *Globorotaliidae* ocorrem no estuário do rio Ipojuca principalmente durante a época de chuva, com uma densidade de 12,57%, portanto o aumento desses organismos em parte das amostras também pode ser consequência da ocorrência de um período chuvoso no local.

Foi observado que até cerca da metade superior do testemunho existe uma mistura entre fragmentos carbonáticos, vegetais e grãos rochosos. O que estaria associado a condições ambientais mais estuarinas e lagunares, sob dinâmica mais restrita. Estas características até 1m de profundidade refletiriam um ambiente sedimentar similar ao atual, que é um baixio de intermarés areno-lamoso (Santos et al., 2019) adjacente à franja do mangue no baixo estuário do Merepe. De fato, Oliveira et al. (2020; 2021) e Passos et al. (2021) observaram o mesmo contato brusco entre areias na base do perfil e lamas-arenosas em direção ao topo, em 2 testemunhos coletados no estuário do rio Massangana na porção norte do sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca. Esses mesmos autores observaram taxas de sedimentação na casa de 0,75 $cm.ano^{-1}$, o que daria uma idade de cerca de 135 anos, em relação à formação e evolução do baixio sedimentar na área atual.

As camadas abaixo de 1 metro de profundidade do T-10 têm esses fragmentos carbonáticos, vegetais e grãos rochosos substituídos quase completamente por minerais quartzosos. O quartzo é um mineral resistente à degradação química e, embora possa ser fragmentado ou desgastado durante o transporte, pode permanecer intacto por longos períodos e distâncias (NICHOLS, 2009), por este motivo pode suportar mais facilmente

condições desfavoráveis à preservação de partículas mais frágeis, desta forma o aumento deste mineral nos sedimentos mais próximos à base do testemunho pode ser devido à sua maior resistência. Por outro lado, areias de ambientes marinhos rasos são geralmente dominadas por quartzo (NICHOLS, 2009), podendo indicar que esse local do T-10 já foi uma paleopraia ou paleolaguna, em uma época que o nível do mar estava mais alto que o atual. Isso corrobora o observado por Martins et al. (2020) para o rio Formoso (PE), localizado 60km a sul, com testemunhos indicando esta curva descendente do nível do mar nos últimos 3000 anos. A presença de sedimentos essencialmente arenosos do meio para base dos testemunhos de Oliveira et al. (2020; 2021) e Passos et al. (2021) são igualmente indicativos de um ambiente pretérito praial/lagunar segundo os autores, similar aos sedimentos arenosos litoclásticos encontrados na Baía de Suape atualmente (Barcellos et al., 2018).

Por fim, a análise morfoscópica das amostras superficiais e do perfil sedimentar mostraram que os grãos de tamanho 2ɸ tendem a apresentar arestas angulosas e subangulosas, indicando que os sedimentos têm origem mais recente ou não foram suficientemente retrabalhados durante o transporte ao ponto em que suas arestas fossem suavizadas. E, também apresentam textura polida, típica de sedimentos que foram trabalhados em meio aquoso, pois, segundo CAILLEUX (1945), grãos de quartzo em ambientes marinhos costumam apresentar superfície polida. Os sedimentos maiores (1ɸ), assim como os grãos menores, também apresentam textura polida, porém com leve tendência a apresentar sedimentos um pouco mais foscos, já suas arestas variam entre subangulosas e subarredondadas, indício de que esses grãos foram trabalhados por um período de tempo maior ou, por serem mais pesados, sofreram um retrabalhamento mais intenso, modelando suas arestas.

5 | CONCLUSÕES

Sedimentos das amostras sazonais são compostas principalmente por grãos de quartzo em ambas as classes de tamanho analisadas, o que foi evidenciado pelo índice BM que apresentou valores negativos para grande maioria das amostras superficiais, indicando maior influência continental na sedimentação do ambiente estuarino-lagunar do Ipojuca-Merepe.

O testemunho apresenta maior variação entre os componentes nas amostras de até 1 metro de profundidade e predominância de grãos de quartzo em camadas mais profundas. O índice BM também apresentou valores em geral negativos para maioria das amostras do testemunho, excluindo-se apenas algumas amostras nas quais os fragmentos carbonáticos (carapaças de foraminíferos) aparecem em maior quantidade.

A análise morfoscópica evidenciou grãos variando de angulosos a subarredondados, sendo os grãos subangulosos predominantes entre sedimentos de areia fina e os grãos

subarredondados predominantes entre os sedimentos de areia média, devido a diferença nos seus respectivos tipos de transporte. Os grãos também apresentam alta esfericidade e textura superficial em geral polida, indicando retrabalhamento em meio aquoso, principalmente fluvial, mas também transicional estuarino.

Em resumo, observou-se uma variação tanto espacial sazonal quanto temporal dos parâmetros analisados. Há maior influência continental dos rios Ipojuca e Merepe na sedimentação de grãos terrígenos no período chuvoso e maior influência marinha no período seco, o que está relacionado diretamente à menor influência fluvial na área neste período. No caso da evolução temporal, os dados dos sedimentos subsuperficiais indicam um processo regressivo, com aumento da influência terrígena e condições de confinamento para o topo do testemunho. Já na base do testemunho a forte presença sedimentos arenosos quartzosos indica um ambiente praial/lagunar que progressivamente vai dando lugar a condições mais abrigadas e de menor dinâmica sedimentar, evidenciadas pelo aumento de fragmentos vegetais, carbonatos e lamas que, por sua vez, são indicativos do ambiente sedimentar atual, um terraço de intermarés localizado em uma franja de mangue do baixo estuário do rio Merepe.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA NETO et. al. 2004. Introdução à Geologia Marinha. Editora Interciência. 279p.

BARCELLOS, R. L. et al. 2018. Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial-Portuário de Suape (PE). *Parcerias estratégicas (impresso)*, v. 23, p. 169-188.

BARCELLOS, R. L.; SANTOS, L. D. 2018. Histórico de impactos ambientais e o Estado-da-Arte em Oceanografia no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE). *Parcerias estratégicas (impresso),* v. 23, p. 155-168.

BARCELLOS, R. L. et al. 2019. Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial Portuário de Suape (PE). *Parcerias Estratégicas*, 23(46), p.169-188.

BARCELLOS, R., & FURTADO, V. V. 2001. Caracterização dos componentes da fração arenosa (0,500 mm/0,250 mm) no Canal de São Sebastião (SP). *Pesquisas em Geociências*, 28(2), p. 35-51.

CAILLEUX, A. (1945). Distinction des galets marins et fluviatiles. *Bulletin de La Société Géologique de France*, *S5–XV*(7–8), 375–404.

DALRYMPLE, R., ZAITLIN, B., & RON BOYD, R. (1992). Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Research* (Vol. 62).

DAVIS, R. & FITZGERALD, D. 2004. Beaches and Coasts. B*lackwell Science Ltd*; *1 ed.* 419p.

DYER, K. R. (1995). Sediment transport processes in estuaries. *Developments in Sedimentology*, *53*(C), 423–449.

FONTES, R., MIRANDA, L., & ANDUTTA, F. (2014). Estuarine Circulation. In *Encyclopedia of Earth Sciences Series* (p. 10). Hansen e Rattray

HUBERT, J. F. 1971. Analysis of Heavy-mineral Assemblages. In: CARVER, R. E. (ed.). Procedures in Sedimentary Petrology. New York, *Wiley-Interscience*. p.453-478.

KRUMBEIN, W. C. 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 11.2 p. 64-72.

LINS, P. L. M. (2002) Hidrologia e Hidrodinâmica do baixo estuário do rio Ipojuca, PE. 68 p. *Dissertação (Mestrado em Oceanografia).* Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LINS, S. R. R. M.; MEDEIROS, Carmen. 2018. Propagação da maré Salina em um estuário tropical estrangulado, Ipojuca, NE-Brasil. *Tropical Oceanography*, 46.1, p. 70-91.

MAHIQUES, M. M. de. 1987. Considerações sobre os Sedimentos de Superfície de Fundo da Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, 139 p.

MAHIQUES, M. M., TESSLER, M. G., & FURTADO, V. V. 1998. Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba region, south-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *47*(4), p. 431–446.

MARTINS, S. E. M. et al. 2020. Holocene vegetation changes according to sea-level and climate dynamics on tidal flats of the Formoso River estuary, northeastern Brazil. *Quaternary International*.

MIRANDA, A. M. 2019. Condições ambientais do estuário do rio Merepe (Pernambuco/BR): biomassa fitoplânctonica e parâmetros hidrológicos. *Tese de mestrado.* Universidade Federal de Pernambuco.

NEUMANN-LEITÃO, S. 1996. Variação diurna e sazonal do Zooplâncton no estuário do rio Ipojuca, PE (Brasil). *Trabalhos Oceanográficos.* 24:103-133.

NICHOLS, G. 2009. Sedimentology and Stratigraphy. *Wiley-Blackwell; 2nd edition*. UK. 419p.

OLIVEIRA, T. S. et al. 2020. Geochemical background indicators within a tropical estuarine system influenced by a port-industrial complex. *Marine Pollution Bulletin*, v. 161, 111794.

OLIVEIRA, T. S. et al. 2021. Reconstructing the history of environmental impact in a tropical mangrove ecosystem: A case study from the Suape port-industrial complex, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, v.44, 101747.

PASSOS, T. et al. 2021. Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v.166, 112219.

PORTO DE SUAPE, Porto de Suape. URL. 2020. *Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br>* Acesso em: 12 jun 2020.

SANTOS L. D. et al. 2019. Influence of the industrial port complex of Suape on Ipojuca estuarine surface sediments spacial distribution, seasonality and characteristics of organic matter. *Coastal Sediments 2019.* p. 1800-1807.

SCHETTINI, C. A.F. et al. 2016. A circulação do Estuário do Baixo Capibaribe (Brasil) e suas implicações para o transporte de escalares. *Jornal Brasileiro de Oceanografia,* v 64, n. 3, p. 263-276.

SHEPARD, F.P. & D. G. MOORE. 1954. Sedimentary Environments Differentiated by Coarse Fraction Analysis. Bull. An. Assoc. Petrol. Geol., 38(8):1792-1802.

SUGUIO, Kentiro. et al. (1985). Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista brasileira de Geociências*. 15(4): 273-286.

SUGUIO, Kenitiro. (2007). Geologia sedimentar. *Edgard Blücher*.

TUREKIAN, K. K. (1996). Oceanos. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 151p.

CAPÍTULO 2
PRESERVAÇÃO DA SAÚDE AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM AMBIENTE MARINHO E FLUVIAL: ÊNFASE NOS EFEITOS DA APLICAÇÃO DE TINTAS VENENOSAS EM EMBARCAÇÕES NÁUTICAS

Data de aceite: 21/09/2021

Fagner Evangelista Severo
Universidade Santa Cecilia – Unisanta
Santos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/5784104598398461

Maria Cristina Pereira Matos
Universidade Santa Cecilia – Unisanta
Santos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/3282306738175328

Tânia Cristina dos Santos Guedes Pinto
Universidade Santa Cecilia – Unisanta
Santos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8540128335364730

RESUMO: O presente trabalho busca chamar a atenção para a conservação da biodiversidade em ambiente marinho, em função da utilização de tinta venenosa nos cascos das embarcações náuticas. Este tipo de tinta é composta por microplásticos e material organoestânicos, como o Tributilestanho (TBT) ou Trifenilestanho (TPhT) presentes nas tintas utilizadas nas embarcações de madeira. Para analisar os efeitos da poluição marinha causadas por microplásticos, este estudo empregou uma metodologia exploratória, de cunho qualitativo, utilizando o método da pesquisa de campo junto aos pescadores e proprietários de embarcações de pesca na Vila da Barra do Una, Peruíbe/SP, no Entreposto de Pesca de Santos/SP e de embarcações de passeio no píer do Clube Saldanha da Gama, também em Santos. Os resultados obtidos permitiram observar que são utilizadas tintas venenosas para coibir a ação de micro-organismos incrustantes que se fixam aos cascos das embarcações e resultam em problemas para os usuários e para a vida marinha. Além disso, identificou-se que no processo de raspagem dos barcos para procedimentos de novas pinturas, partículas de plástico derivadas das tintas removidas são descartadas no mar, favorecendo a contaminação das áreas. A constatação de que esses tipos de embarcações marítimas são cobertas, em sua maioria, por tintas venenosas que deixam resíduos de plástico tóxico no ambiente, indicam a necessidade de novas pesquisas que visem desenvolver tintas anti-incrustantes para os cascos de embarcações que não contribuam para a poluição marinha.
PALAVRAS - CHAVE: Embarcações de madeira; Tinta venenosa; Microplático.

PRESERVATION OF ENVIRONMENTAL HEALTH AND BIODIVERSITY CONSERVATION IN MARINE AND FLUVIAL ENVIRONMENT: EMPHASIS ON THE EFFECTS OF THE APPLICATION OF POISONOUS PAINTS IN NAUTICAL VESSELS

ABSTRACT: The present work seeks to draw attention to the conservation of biodiversity in the marine environment, due to the use of poisonous paint on the hulls of nautical vessels. This type of paint is composed of microplastics and organotin materials, such as Tributyltin (TBT) or Triphenyltin (TPhT) present in the paints used on wooden boats. To analyze the effects of

marine pollution caused by microplastics, this study employed an exploratory methodology, qualitative in nature, using the method of field research with fishermen and owners of fishing vessels in Vila da Barra do Una, Peruíbe, SP, in Fishing warehouse in Santos/SP and boats on the pier of Clube Saldanha da Gama, also in Santos. The results obtained allowed us to observe that poisonous paints are used to curb the action of incrusting microorganisms that attach themselves to the hulls of vessels and result in problems for users and for marine life. In addition, it was identified that in the process of scraping the boats for new painting procedures, plastic particles derived from the removed paints are discarded into the sea, favoring the contamination of the areas. The finding that these types of maritime vessels are mostly covered by poisonous paints that leave toxic plastic residues in the environment, indicates the need for further research aimed at developing anti-fouling paints for the hulls of vessels that do not contribute to marine pollution.
KEYWORDS: Wooden vessels; Poisonous paint; Microplastic.

INTRODUÇÃO

O maior desafio da atualidade, imposto à sociedade em geral, às organizações empresariais e aos governantes se direciona para as temáticas sobre questões ambientais, biodiversidade e sustentabilidade. Dessa forma, vem se tornando cada vez mais constante e exigido, a aplicação dos conceitos destas temáticas no cotidiano dos indivíduos, dos profissionais e dos empresários quer sejam suas áreas de atuação ou não.

A preocupação com as questões ambientais já vem demonstrando seus resultados, pois a legislação ambiental se consolida a cada estudo das políticas públicas. No âmbito da biodiversidade, a legislação dá resguardo para as áreas protegidas, principalmente a fauna e a flora. Todavia, há que se destacar que em áreas não protegidas também reside a necessidade de conservação.

Já no que tange à sustentabilidade, os variados conceitos para esta temática promovem conflitos na interpretação e entendimento destes. No entanto, é possível observar um ponto em comum nestes conceitos, que é a preocupação com o futuro da humanidade, a qual depende e sempre dependerá dos recursos naturais, principalmente, se as condições climáticas e a escassez dos recursos hídricos não forem afastadas com os desgastes exacerbados.

Portanto, esse pano de fundo teórico e conceitual permite a reflexão de que questões ambientais, biodiversidade e sustentabilidade caminham juntas e, é nesse contexto que o presente trabalho se inclina, jogando luz aos efeitos causados pela aplicação de tintas venenosas, também chamadas de envenenadas, nos cascos das embarcações náuticas, como é caso dos navios, iates, canoas, barcos e outros, ou seja, em qualquer tipo e tamanho de embarcações. Esse tipo de tinta é aplicado com a finalidade de servir como um anti-incrustante, impedindo que organismos se acoplem nos cascos das embarcações.

A busca constante do ser humano por métodos que possam facilitar a sua vida,

enquanto espécie, sempre foi um desafio. Ao longo das eras e com os avanços na área do conhecimento, muitas estratégias foram empregadas, objetivando o alcance de metas que pudessem facilitar as atividades do cotidiano das pessoas ou mesmo lhes oferecer vantagens. No entanto, alguns efeitos desta busca promovem graves problemas ambientais e nesse contexto, se insere a poluição do mar e dos rios, em função da deposição de resíduos sólidos, questões estas que já são debatidas com relevância pela comunidade científica.

Assim, é possível inferir que a tinta envenenada, usada nos cascos dasembarcações náuticas, possam ocasionar problemas de poluição, uma vez que pelo fato de servir como anti-incrustante, em sua composição está presente os grânulos deplásticos, os chamados microplásticos, os quais constituem a principal forma de produzir resina plástica e assim, poder ser comercializada.

Apesar da existência da Norma da Autoridade Marítima - NORMAM-23/DPC que trata do Controle de Sistemas Anti-incrustantes Danosos em Embarcações, é possível questionar se esta é cumprida na prática, uma vez que biólogos e estudiosos que atuam pesquisando sobre a bioincrustação afirmam que ocorrências dessa natureza não são saudáveis para as embarcações, uma vez que comprometem o seudesempenho. Além de comprometer o desempenho das embarcações, também, se apresentam como danoso para a biodiversidade das espécies do mar e dos rios.

Um exemplo de dano que pode ser causado, se dá com a colônia de corais-sol, os quais vem sendo objeto de estudo na atualidade, por colocar em risco muitas espécies nativas ou em extinção. Todavia, este não é o objeto de estudo do presentetrabalho, pois o interesse no mesmo se justifica em analisar o impasse ou conflito entre a legislação vigente e a prática do uso de tinta venenosa em cascos de embarcações de madeira.

Considerando os problemas ambientais decorrentes do contato direto dos materiais derivados de plásticos e seus componentes químicos nas águas brasileirase internacionais, este estudo tem por objetivo analisar os efeitos da poluição marinhae fluvial causadas por microplásticos, incluindo as tintas marítimas anti-incrustantes como vetor de contaminação nestes ambientes, na região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), localizada no Litoral do Estado de São Paulo.

Para o atingimento do objetivo proposto, o presente estudo empregou uma metodologia exploratória, de caráter qualitativo, utilizando como método a pesquisa bibliográfica, para fins de embasamento teórico e que pudessem dar conta decontextualizar sobre a composição da tinta venenosa e seus efeitos no ambiente de águas marinhas e fluviais. Além desse método, este estudo fez uso também de uma pesquisa de campo, junto aos proprietários de embarcações voltadas para pesca e para o turismo em Santos e em Barra do Una, Peruíbe, ambas localizadas no litoral de São Paulo.

COMPOSIÇÃO DA TINTA VENENO E SEUS EFEITOS

Para falar da composição da tinta veneno e seus efeitos, se faz necessário reforçar que os grânulos de plásticos, ou microplásticos, que constituem a forma principal com que as resinas plásticas são produzidas e comercializadas, são chamados de *pellets* e servem de matéria prima nas indústrias de transformação, originando os mais variados objetos, que são produzidos após o seu derretimento e moldagem do produto final (MANZANO, 2009).

Os microplásticos, materiais derivados do petróleo e que possuem particularidades em relação ao aspecto e tamanho, constantemente contribuem para a poluição dos mares, haja vista que podem ser facilmente conduzidos pelo vento e águas, ou mesmo derramados em oportunidade das movimentações e resultam em grandes quantidades de micropartículas espalhadas pelos oceanos.

Por outro lado, e numa vertente tão poluidora quanto aquela deixada pelos microplásticos, estão também as tintas anti-incrustantes, utilizadas na pintura externa das embarcações, visando minimizar o ataque constante de micro-organismos. Estes se acoplam aos cascos das embarcações, e causam efeitos que podem ir desde a morosidade nas movimentações, até mesmo, chegar ao ponto de inutilização desses itens. Dentre os principais componentes químicos utilizados nessas tintas, encontram- se, compostos organoestânicos como o *Tributilestanho* (TBT) ou *Trifenilestanho* (TPhT).

Nos esclarecimentos de Martins e Vargas (2013), compactuado por Nakanishi (2008) estudos apontam que concentrações de TBT e/ou TPhT podem promover alterações sexuais em fêmeas de algumas espécies gastrópodes. Reforçando essesesclarecimentos, Garaventa, *et al.* (2006) relata que o principal efeito dessas concentrações se dá com a masculinização das fêmeas, fato este que resulta em deficiências reprodutivas e podem colocar em extinção as espécies. Esse efeito também é conhecido como *Imposex* (GARAVENTA, *et al.*, 2006).

No entender de Godoi *et al.* (2003), este composto está entre os mais tóxicos já introduzidos propositalmente no ambiente aquático. Um dos principais efeitos do uso de tais substâncias é o envenenamento do sistema biológico, principalmente de moluscos e ostras, originando mutações e condenando espécies à extinção. Destaca- se que entre os efeitos mais significativos, estão os do TBT sobre a reprodução de ostras e neogastrópodes.

Nesse contexto, Martins e Vargas (2013) informam que este problema chamou a atenção do Comitê de Proteção do Ambiente Marinho (MEPC) da Organização Marítima Internacional (IMO), interessada na segurança da navegação e prevenção da poluição marinha. Nesse mesmo direcionamento, Falcão e Souza (2011) reforçamque na atualidade, os níveis de poluição marinha e costeira devidos à deposição de resíduos sólidos são questões debatidas com relevância pela comunidade científica.

Assim, Pedruzzi e Tagliani (2013) também destacam que em 2001, por intermédio da Convenção Internacional sobre Controle de Sistemas *Antifouling* Danosos em Navios, a

Organização Marítima Internacional (IMO) aprovou o banimento global do uso do TBT e de outros compostos organoestânicos na composição de tintas *antifouling*. A aplicação desta medida estava prevista para janeiro de 2003, porém só passou a vigorar em setembro de 2008, acarretando assim,atraso sobre a previsão inicial.

No âmbito legal, a aplicação de tintas venenosas é regulada pela Norma da Autoridade Marítima - NORMAM-23/DPC que trata do Controle de Sistemas Anti- incrustantes Danosos em Embarcações. Essa Norma foi aprovada pela Portaria nº 76/2007, Diretoria de Portos e Costas (DPC) e publicada no Diário Oficial da União nº151, na página 6, no dia 07 de agosto de 2007, porém, entrando em vigor a partir de 01 de novembro do mesmo ano, sendo de caráter obrigatório para as embarcações brasileiras cujas obras vivas necessitam ser pintadas com sistemas anti-incrustantes.

Essa legalidade serve igualmente para as embarcações estrangeiras quedocarem no Brasil para pintura das obras vivas, ou que forem afretadas em regime deAtestado de Inscrição Temporária (AIT) (DPC, 2014, *ON LINE*).

No parecer da Diretoria de Portos e Costas (DPC), a NORMAN-23/DPCconsidera como Sistemas Anti-incrustantes danosos ao meio ambiente e à saúde humana, apenas aqueles que possuem compostos orgânicos de estanho comobiocida.

Nas orientações da Marinha do Brasil (2016, *ON LINE*), as embarcações brasileiras com comprimento maior que 24 metros e Arqueação Bruta (AB) menor que400 e as embarcações com comprimento menor que 24 metros, excluindo-se as embarcações miúdas, devem portar um documento chamado Declaração sobreSistema Anti-incrustante, observando-se as seguintes considerações:

> 1) as embarcações com comprimento maior que 24 metros e que possuam AB menor que 400, bem como as embarcações com comprimento menor que 24 metros que são sujeitas a vistorias pela NORMAM-01/DPC, devem portar "Declaração sobre Sistema Antiincrustante" validada pela organização que tiver feito a Vistoria;
>
> 2) as embarcações de esporte e recreio com comprimento maior que 24 metros, que são sujeitas a vistorias pela NORMAM-03/DPC, devem portar "Declaração sobre Sistema Anti-incrustante" assinada pelo Armador ou Proprietário da embarcação;
>
> 3) as embarcações de esporte e recreio, bem como as demais embarcações não sujeitas a vistorias pela NORMAM-01/DPC, que possuam comprimento inferior a 24 metros, com exceção das embarcações miúdas (menor de 5 metros), devem portar "Declaração sobre Sistema Anti-incrustante" assinada pelo Armador ou Proprietário da embarcação.
>
> Após a entrada em vigor desta NORMAM, nenhum Sistema Anti-incrustante danoso pode ser aplicado em embarcações objetos desta NORMAM.

Mesmo com a legislação ambiental vigente, é possível refletir a afirmativa da professora Andrea Junqueira, do Departamento de Biologia Marinha da (Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ), (in: MILHORANCE, 2016, *ON LINE*) que "a incrustação

não interessa em nada ao navio, pois aumenta o atrito e o consumo de combustível.” A bióloga, trata em seus estudos, da bioincrustação, que segunda ela, é um tema relativamente novo nas esferas ambientais e argumenta que a tecnologia para limpar o casco das embarcações não evoluiu muito.

Esse posicionamento de Junqueira remete à reflexão de que esta dicotomia entre a aplicação da legislação vigente e a prática da limpeza dos cascos das embarcações é um fato gerador de conflito, merecendo, portanto, luz à situação, conforme propõe o presente estudo.

Compactuando com Junqueira, Milhorance (2012) acrescenta que a bioincrustação é uma ameaça à biodiversidade marinha e fluvial, pois se não monitorada ou controlada, poderá trazer espécies consideradas daninhas ou invasoras, que podem comprometer o ecossistema de maneira acidental. Esse tipo de bioincrustação ocorre nos cascos das embarcações nacionais ou internacionais e, de acordo com os estudiosos desta temática, um exemplo de efeito que pode gerar invasões danosas se dá com o foco de colonização de Coral-sol, pertence ao gênero *Tubastraea*, o qual segundo os autores, se expande rapidamente, gerando transtornos, como os já identificados em Ilha Grande, Paraty e outros locais do Brasil.

Entretanto, a conduta e procedimento de remoção das colônias de Coral-sol, por si só, gera um empasse, pois a retirada de corais de seus ambientes naturais é considerada crime ambiental, de acordo com a legislação vigente no país. Assim, o professor do Laboratório de Ecologia Marinha da (Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ), Joel Creed (in: MILHORANCE, 2016, *ON LINE*), afirma que somentecom licença do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) é possível fazer o processo de remoção dos corais. Nesse contexto, é possível observar mais um impasse que envolve a aplicação da legislação ambiental, frente à prática de remoção da bioincrustação oriunda dos cascos das embarcações.

Finalizando, é possível inferir que o uso da tinta venenosa pode também comprometer o ambiente marinho e fluvial, quando é realizada a manutenção para conservação dos cascos das embarcações náuticas, uma vez que no processo de raspagem da tinta velha, procedimento habitualmente utilizado pelos donos de embarcações, os microplásticos acumulados na resina, caem ou são jogados ao mar. Por sua vez, estes resíduos de plásticos atraem os peixes, os quais acabam ingerindo esse material venenoso, que pode gerar anomalias e o comprometimento de espéciesfuturas, bem como, causar a morte dos mesmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho adotou uma metodologia exploratória, de caráter qualitativo, empregando como método, além da pesquisa bibliográfica, uma pesquisa de campo,

aplicando a técnica do questionário. O instrumento de coleta de dados foi aplicado junto aos proprietários de embarcações náuticas com cascos de madeira, aos marinheiros de embarcações turísticas e aos pescadores.

O *lócus* da pesquisa se deu em dois municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), sendo: Barra do Uma em Peruíbe e na cidade de Santos/SP. Esses locais foram eleitos por concentrarem embarcações com cascos de madeira, facilitando assim, a verificação do uso de tintas anti-incrustantes, ou seja,tinta venenosa. No caso da opção por Barra do Una, se deu também, pela prática comum de pesca em rios, além da marítima.

Os convidados a participar da pesquisa de campo foram abordados pessoalmente em áreas de concentração de atividades pesqueiras e turísticas como o Entreposto de Pesca e o Píer do Clube de Regatas Saldanha da Gama, em Santos. Em Barra do Una, a abordagem aos pescadores se deu no retorno das atividades diárias destes.

Dessa forma, os respondentes da pesquisa de campo foram os pescadores e proprietários das embarcações de pesca artesanal na Barra do Una, os pescadores comerciais de embarcações que desembarcam no entreposto de pesca da cidade de Santos e, os marinheiros de embarcações turísticas do Píer do Saldanha da Gama também em Santos.

Esta pesquisa que se apresenta como de pequeno alcance, atingiu oito respondentes, os quais foram convidados aleatoriamente a participar. A coleta de dados ocorreu durante os intervalos de retorno das embarcações do mar e/ou rios, noperíodo de 5 a 15 de setembro de 2015, iniciando sempre na parte da tarde, quando então, os pescadores têm por rotina, trazer o pescado para as localidades onde são comercializados.

Convém ressaltar que esta pequena amostra de participantes se deve ao fato de que de forma unânime, os pescadores são também os donos das embarcações.

O instrumento de coleta de dados foi organizado com perguntas fechadas, relativas ao: perfil do respondente; tipos das embarcações; tintas utilizadas nas pinturas; conhecimento do respondente sobre a tinta veneno no que tange aos efeitosdos compostos organoestânicos na natureza e, locais para aquisição desses produtos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da coleta de dados, foi possível observar os seguintes resultados conforme a organização do instrumento:

Perfil do Respondente:

O perfil dos respondentes é composto na maioria de homens entre 22 e 61 anos de idade, não sendo identificada atuação feminina nessa atividade. Outro aspecto relevante, em relação aos respondentes é o tempo de atuação desses profissionais, uma vez que trabalham com a pesca e turismo aquático há mais de 25 anos.

Por intermédio da pesquisa, foi possível apurar também que os respondentes são em sua grande maioria, os proprietários das embarcações que utilizam no dia a dia operacional. Os respondentes alegaram também ser proprietários de outras embarcações utilizadas nas atividades pesqueiras ou turísticas por terceiros.

Tipos das Embarcações:

Os respondentes indicaram possuir embarcações de diferentes metragens e modelos, entretanto, ao final, apurou-se que estas possuíam a média de 10m x 3m, exceto as embarcações de turismo, ou seja, aquelas que possuíam formatos diferenciados e consequentemente destacavam-se das embarcações pesqueiras tanto em extensão, quanto em largura, possuindo 21 metros, 72 pés.

Um dos detalhes mais destacado pelos respondentes foi o modelo de embarcações mais utilizado por estes, em oportunidade das atividades comuns. O modelo mais citado foi o bote de madeira, seguido pelo modelo escuna.

Esse resultado converge para as orientações da Marinha do Brasil, a qual isenta embarcações com comprimento inferior a 24 metros e Arqueação Bruta (AB) de portar o documento chamado de Declaração sobre Sistema Anti-incrustante.

Sendo assim, é possível inferir que o uso de tintas venenosas seja praticado de forma comum entre as embarcações de pequeno porte.

Sobre os Procedimentos de Manutenção das Pinturas das Embarcações:

Os pescadores da Barra do Una destacaram que em razão da localização dos estaleiros em municípios vizinhos, como é o caso de Peruíbe, distante 25 km, bem como, pelas manobras de puxada, a manutenção das pinturas das embarcações passa a ser morosa e onerosa, haja vista os altos valores com o aluguel diário destes estabelecimentos.

Em razão disto, algumas vezes as embarcações são encalhadas na maré baixa, em barrancos de terra no próprio rio Una, onde são realizadas as raspagens dos micro-organismos grudados e novas pinturas são realizadas ali mesmo, resultando no despejo de microplásticos no leito do rio, que consequentemente são levados pelas águas.

Em relação aos pescadores e proprietários das embarcações de turismo em Santos, estes relataram que o mais comum é a condução dos barcos para estaleiros nas cidades vizinhas para realização da raspagem das tintas e consequentemente, a realização de novas demãos de tinta. Cabe salientar ainda que os respondentes indicaram também, ser os responsáveis pelos custos com tais operações que costumam ser onerosas. Assim, caso não realizem esses procedimentos em um período máximo de seis meses, correm sérios riscos de perder a embarcação por causa dos micro-organismos que vão se alojando nos cascos das embarcações, podendo danificá-las.

Os respondentes informaram também que é comum duas demãos de tinta, em média, para cada ocasião de puxada e raspagem, bem como, não souberam especificar um único nome para as tintas que são conhecidas mais comumente como tinta veneno.

Esse resultado é coerente com o posicionamento da professora e bióloga da UFRJ Andrea Junqueira, (in: MILHORANCE, 2016, *ON LINE*) quando afirma que a incrustação não interessa em nada ao navio, pois aumenta o atrito e o consumo de combustível.

Conhecimento do Respondente Sobre a Tinta Veneno no que Tange aos Efeitos dos Compostos Organoestânicos na Natureza:

Os resultados mostram que de forma unânime, os respondentes afirmaram utilizar as tintas anti-incrustantes venenosas nas suas embarcações e quando questionados sobre o conhecimento dos efeitos do uso dessas tintas na natureza, ambos afirmaram desconhecer qualquer reação direta dessas influências sobre a vidanos ambientes marinhos e fluviais.

Contudo, dentre as informações apuradas em relação às tintas, os respondentes indicaram não conhecer outro produto que seja capaz de minimizar os ataques contínuos das espécies grudentas. Também foi citado que o uso dessas tintaspara embarcações é parte da história deles há muitos anos, haja vista que alguns participantes da pesquisa disseram que desde a época de seus avós, o método de proteção dos cascos das embarcações, ocorre mediante o uso desse tipo de material.

Locais Para Aquisição dos Produtos:

Em se tratando das localidades para aquisição das tintas veneno em Santos eBarra do Una, os respondentes indicaram lojas de tintas náuticas tanto em Santos, como na cidade de Peruíbe, como sendo as localidades mais fáceis para aquisição de materiais com essas qualificações.

Quando questionados sobre os nomes das marcas, os respondentes não souberam citar os nomes, todavia, também foram unânimes afirmando que solicitam nas localidades que comercializam os produtos como tinta veneno ou tinta venenosa,onde prontamente são atendidos e conseguem adquirir produtos para proteção dos cascos das embarcações de madeira.

Além das localidades onde ocorreu a pesquisa, foi realizada visita a uma das lojas de tintas para embarcações na cidade de Santos, com a finalidade de identificaros tipos de produtos mais comercializados, assim como, os seus componentes principais e valores praticados nesse mercado consumidor.

Assim, em visita feita a uma destas lojas, na região do Entreposto de Pesca em Santos, foi constatado que o preço médio de um galão de tinta de 3.600 ml varia de preços, os quais podem ir desde R$ 218,00 a R$ 287,00. Esses valores oscilam de acordo com as marcas, sendo que todas as tintas são fabricações nacionais.

Convém destacar que ao visitar o comércio de tintas náuticas, foi possível observar que nas embalagens das tintas utilizadas pelos respondentes, havia mensagens estampadas no produto, sinalizando que o uso do mesmo era prejudicialà vida marinha.

Nesse mesmo contexto, é preciso destacar também que apesar da legislação vigente

proibir o uso de tintas venenosas desde 2007 e, com base no relato dos proprietários e marinheiros de embarcações, assim como dos pescadores, foi possívelconstatar que essas tintas continuam sendo utilizadas e comercializadas na atualidade. Esta situação se dá, pois até o momento, proprietários ou responsáveis pelas embarcações não têm conhecimento da existência de nenhum outro produto no mercado consumidor, que seja semelhante e suficientemente capaz de suprir a necessidade de manutenção das embarcações de madeira.

Dessa forma, realizar a manutenção das embarcações de maneira politicamente correta no que tange às questões ambientais de preservação da biodiversidade e de sustentabilidade, torna-se um grande desafio.

CONCLUSÃO

A raspagem das tintas venenosas dos cascos das embarcações náuticas nas cidades de Santos e Peruíbe/SP tem resultado na geração de microplásticos, que consequentemente, afetam e impactam a biodiversidade existente nessas localidades.

Cabe ressaltar que, apesar da NORMAM 23/DPC nortear sobre o uso de tintas venenosas nos cascos das embarcações náuticas, muitos desses itens continuam sendo utilizados e em oportunidade de suas raspagens para novas demãos, deixam resíduos de plástico tóxico no ambiente. Esse fato sinaliza a necessidade de maior investimento em novas pesquisas que levem ao desenvolvimento de produtos anti- incrustantes para os cascos de embarcações, os quais não sejam nocivos e que nãocontribuam para a poluição marinha e fluvial.

Portanto, são recomendáveis políticas públicas ambientais que sejam mais consistentes e que possam controlar e monitorar mais efetivamente o uso das tintas venenosas. Recomenda-se também, uma campanha de conscientização que envolva os atores sociais como: proprietários, pescadores e, comunidade em geral para que se possa levar maior conhecimento, quanto aos efeitos maléficos que podem ser desencadeados nos ambientes e nos ecossistemas marinho e fluvial.

REFERÊNCIAS

FALCÃO, P. M; SOUZA, C. R. G. **Avaliação do conhecimento sobre a presença degrânulos plásticos (*pellets*) em** áreas **litorâneas do mundo: 1970-2011.** XIIICongresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA, 2011.

GARAVENTA, F; FAIMALI, M; TERLIZZI, A. ***Imposex in pré-pollution times. Is TBTto blame?*** *Marine Pollution Bulletin*, 52: 696 - 718, 2006.

GODOI, A. F. L; FAVORETO, R; SILVA, M. S. **Contaminação ambiental porcompostos organoestânicos.** Quim. Nova, v. 26, n. 5, p. 708-716, 2003.

MANZANO, A. B. **Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil.**Dissertação. São Paulo: Instituto Oceanográfico / USP, 2009.

MARTINS, T. L; VARGAS, V. M. F. **Riscos** à **biota aquática pelo uso de tintas anti-incrustantes nos cascos de embarcações.** *Ecotoxicol. Environ*. Contam. v. 8, n. 1,p. 01 - 11, 2013.

MILHORANCE, F. **Guerra biológica no mar.** Infoglobo Comunicação eParticipações S.A. .Disponível emhttp://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/guerra-biologica-no-mar-6409901#ixzz47M8fNDo8. Acesso em 30 de abril de 2016.

NAKANISHI, T. ***Endocrine disruption induced by organotin compounds; organotins function as a powerful agonist for nuclear receptors rather than an aromatase inhibitor.*** *The Journal of Toxicological Sciences*. v. 33, n. 3, p. 269 - 276, 2008.

PEDRUZZI, F. C; TAGLIANI, P. R. A. **Diagnóstico do uso e controle de tintas *antifouling* no Brasil.** IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA – 25 a 28 de novemebro de 2013.

CAPÍTULO 3

SALINITY ASSESSMENT IN THE GERMINATION OF *LAGUNCULARIA RACEMOSA* (L.) C. F. GAERTN. FOR SELECTING MANGROVE RESTORING SITES

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão 30/08/2021

Jacyara Nascimento Corrêa
Postgraduate Program in Oceanography (PPGOceano), Federal University of Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Maranhão, Brazil

James Werllen de J. Azevedo
Federal University of Maranhão, Estrada de Pacas, Km 04, Maranhão, Brazil.
ORCID 0000-0002-7034-4592

Alexandre Oliveira
Federal University of Alagoas, Campus Arapiraca, Penedo Educational Unit, Av. Beira Rio s/n, Alagoas, Brazil.
ORCID 0000-0002-9076-3524

Flávia Rebelo Mochel
Federal University of Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Maranhão, Brazil.
ORCID 0000-0001-5911-3171

ABSTRACT: The aim of this work was to identify and analyze the saline tolerance throughout the white mangrove propagules of *L. racemosa* germination, a halophyte and monotypic species, to contribution to the mangrove restoration. A total of 450 propagules were subjected to different salinities. The propagules were divided into three replicates (r) of 30 propagules for each salinity treatment (t) of 0, 15, 25, 40 and 60. Germinability (G), Germination Velocity Index (GVI), Germination Mean Time (GMT), Germination Mean Velocity (GMV) and Root Formation (RF) were applied to the experiment. The results showed that G and GVI tend to be very sensitive to the concentration of high salinity (salinity of 60). In spite of this, the germination of the propagules was successful up to the salinity of 40. The mangrove is composed of halophytic plants, capable to support and grow in saline environments. The present experiment identified the white mangrove species *Laguncularia racemosa* as fully capable of germinating in freshwater, presenting a variation in germination depending on different salinity. In this way, this species contributes to development and improvement of the techniques, used in the germination of propagules to produce seedlings for the restoration of mangroves.

KEYWORDS: Salinity stress, white mangrove, propagule germination, ecological restoration.

AVALIAÇÃO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DE *LAGUNCULARIA RACEMOSA* (L.) C. F. GAERTN. VISANDO A SELEÇÃO DE SÍTIOS DE RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS

RESUMO: Identificou-se e analisou-se a tolerância salina na germinação em propágulos de mangue branco *L. racemosa*, uma espécie halófita e monotípica, para contribuir para a restauração do manguezal. Um total de 450 propágulos foram submetidos a diferentes salinidades. Os propágulos foram divididos em três réplicas (r) de 30 propágulos para cada tratamento de salinidade (t) de 0, 15, 25, 40 e 60. Os índices de Germinabilidade (G), Velocidade de Germinação (GVI), Tempo Médio

de Germinação (GMT), Velocidade Média de Germinação (GMV) e Formação de Raizn (RF) foram aplicados ao experimento. Os resultados mostraram que G e GVI tendem a ser muito sensíveis à concentração de alta salinidade (salinidade de 60). Apesar disso, a germinação dos propágulos foi bem sucedida até a salinidade de 40. O manguezal é composto por plantas halófitas, capazes de suportar e crescer em ambientes salinos. O presente experimento identificou a espécie de manguezal branco *Laguncularia racemosa* como totalmente capaz de germinar em água doce, apresentando uma variação na germinação dependendo de diferentes salinidades. Dessa forma, essa espécie contribui para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas, utilizadas na germinação de propágulos para produzir mudas para a restauração de manguezais em áreas sob influência de diferentes salinidades.
PALAVRAS - CHAVE: Estresse de salinidade, mangue branco, germinação de propágulos, restauração ecológica.

INTRODUCTION

Mangroves are part of the most threatened coastal ecosystems in the tropical and subtropical regions of the world. At least 35-50% of these coastal forests have been destroyed, with an annual loss of 0.4% of the total remaining mangroves in the world (Along 2002; FAO 2007; Ferreira and Lacerda 2016; Hamilton and Casey 2016). López-Portillo et al. (2017) report that the main causes of mangrove degradation may be of natural origin, such as erosion and indirect effects caused by tsunamis, or of anthropogenic origin caused by pollution, aquaculture, etc.

According to Paula et al. (2012) and Mochel (2016), there are several reasons for the importance of mangroves, besides being nurseries for many species of ecological and economic value: they influence the local and global climate, assist in the control of floods, act in the production of oxygen and in the sequestration of carbon in the coastal zone. The mangrove ecosystem works like a biological filter retaining pollutants, produces organic matter and protects the coastline from erosion, reducing the energy of tides, waves and winds (Tang et al. 2020).

Ecological recovery of mangroves therefore is of fundamental importance, it repaires losses and restoring functions in areas subject to human intervention, as well as it renovates the socio-environmental benefits mangroves provide to the coastal zone. Ecological restoration, according to the Society for Ecological Restoration (SER 2004) and McDonald et al. (2016), assists in the recovery of an ecosystem that has been degraded. Viana (1990) has described recovery as divided into two categories: restoration and rehabilitation. The restoration seeks to recover the original form of the ecosystem, in the phytosociological sense. The term rehabilitation deals with the reestablishment of ecosystem functions, independent of species and their structure after environmental impact.

The ecological restoration of mangroves can be performed involving basically two procedures: natural recovery and artificial recovery (Clough et al. 1997). For the natural

restoration, Mochel (2016) considers the establishment of propagules and seedlings, starting with their distribution by natural processes, as the circulation of the tides in the ecosystem. Artificial recovery requires procedures induced by human actions, such as assessment of propagules and their distribution, or planting of nursery seedlings and seedling transplantation.

In degraded mangroves, the ecosystem can suffer various imbalances, such as saline, hydric, climatic, biological and sedimentary. To reverse the damage caused by mangrove degradation, a number of ecological recovery processes and techniques are developed. One of these processes is the production of nursery seedlings and, for this, the germination of propagules is necessary (Mochel and Fonseca, 2019).

In Brazil, mangroves are distributed from the northern tip of Amapá (N 4º 20') to the county of Laguna-SC (S 28º 30') (Schaeffer-Novelli 1989). The coastal Amazon has the largest continuous area of mangroves in the world (8,900 km²), 50% of this total belong to the Maranhão coastline (Kjerfve et al. 2002). On the island of Sao Luis, in the state of Maranhão, the mangroves are distributed in an area of 18,895 hectares on the coast as fringes, behind beaches, coastal strands and sandy dunes, or bordering rivers and streams (Silva and Mochel 1994). Although the mangrove areas of Maranhão state are preserved, Mochel et al. (2002) emphasize that there was a loss in mangroves of about 10,000 ha between 1972 and 2002.

On the Brazilian Amazon coast are found the species *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke and *Avicennia germinans* (L.) L. (black mangrove or siriba), the red mangrove species *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora harisonii* Leechm. and *Rhizophora racemosa* G. Mey, the buttonwood mangrove *Conocarpus erectus* L. and the white mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn (Mochel 2011).

The white mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) is a monotypic species occurring in mangroves of West Africa and the Americas, in fringes close to the land (Tomlinson 1986). The tree can reach a height up to 20 m, although it is common to be found in a bush form (Schaeffer-Noveli and Cintron 1986). This species, like the other mangrove species, is subject to diverse natural and anthropogenic environmental stresses. Clewell and Aronson (2012) defined stress as a normally occurring condition or a periodic event, that may be more detrimental to some species than others. The author also points out that there are factors such as saline water shock and anoxia that cause stress conditions in mangroves.

Although the vegetal species of mangroves are facultative halophytes, which means plants capable of completing their reproductive cycle and presenting optimal growth in low salinity environments, their seedlings are sensitive to the presence of sodium chloride, and a saline substrate can affect many aspects of the its growth and physiology (Tomlinson 1986; Parida and Jha 2010).

The germination plant analysis is the one of the most used processes for the

determination of tolerance to water and saline stress (Larcher 2000). Plants that live in a brackish environment, such as those living in mangroves, have morphological and physiological adaptations to tolerate constant hydric and saline stress. These adaptations vary with species, and those with high salinity tolerance tend to grow more slowly than less tolerant species (Sobrado 2004). Therefore, salinity plays important roles in regulating mangrove growth and distribution (Wang et al. 2011).

This research aimed to analyze the effect of different concentrations of salinity on the germination of *L. racemosa* propagules, and the identification of its salt tolerance, in order to contribute to the selection of the most suitable areas of mangrove to be recovered.

METHODS

Study area

The Maranhão Island is formed by the municipalities of São Luis, São José de Ribamar, Paço do Lumiar and Raposa, located in the Coastal Region of the State of Maranhão (IMESC 2011). The propagules were collected between the mangroves of Raposa and São José de Ribamar, in the Mangue Seco beach northeast of the municipality of São Luis, Maranhão (S 2º 27' 06.86", W 44° 09' 20.33" and S 2º 27' 21.81", W 44° 09' 45.76" (Fig. 1). The site features a variety of coastal ecosystems such as mangroves, sandbank, dunes and salt marshes. Mangrove forests are relatively homogeneous and are concentrated in the mouths of rivers and streams. The salinity of the Igarapé Mangue Seco is high, with an average of 40.

According to Koppen and Geiger (1928) classification, the region between the municipalities of São José de Ribamar and Raposa presents a Aw climate which fits in between equatorial and tropical patterns, with two well marked seasonal periods, a rainy (January to June) and drought (July to December).
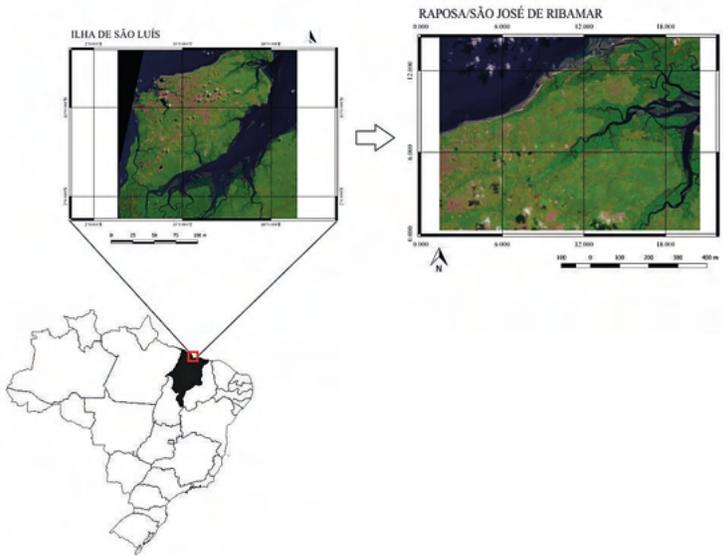
Fig. 1 Area of São José de Ribamar and Raposa municipalities where propagules were carried out (Images *Landsat 8 Sensor OL*I sensor - United States Geological Survey).

Field sampling

A total of 450 ripe propagules of *Laguncularia racemosa* were collected manually directly from the branch of the tree and placed into a straw basket to avoid dehydration during the fruiting season between April and May 2016. The healthy propagules were selected according to the recommendations of Goforth and Thomas (1979), to achieve the greatest possibility of success in their development. The propagules were then transported to the Mangrove Laboratory/CERMANGUE - Mangrove Recovery Center in Department of Oceanography and Limnology, Federal University of Maranhao.

Experimental design

The total of 450 propagules were divided into three replicates (r) of 30 propagules for each treatment (t) of salinity. For each salinity treatment the propagules were placed to soak until the primary root emission, in sterile plastic trays, previously labeled with the identified different salinities.

The estuarine water, used in the experiment, was collected in the Mangue Seco Channel, in the same region where the propagules were collected, and the salinity was verified with a Q767-3 Quimis refractometer. The water was transported in plastic bottles to the laboratory CERMANGUE-UFMA, where dilutions and concentrations were carried out from the salinity control of the collection site, for the execution of the experiment. To obtain the salinity 60, sea water was subjected to controlled evaporation until the desired salt concentration was reached. In all treatments the salinity was obtained with a refractometer.

The experiment was divided into five trays containing treatments with concentrations of salinities 0, 15, 25, 40 and 60. In each tray were placed 30 propagules. Three replicates of salinity concentrations were performed for each treatment.

The influence of salinity on germination of the propagules was monitored daily at the same time for 10 days. The salinity was checked and corrected daily to avoid salinity increase due to evaporation. The propagules were considered germinated when the primary root emission reached 2 mm.

Germination tests

To analyze the influence of salinity on the germination of *Laguncularia racemosa* propagules, the following variables were evaluated: Germinability (G%) to inform the amount of propagules that germinated in the experiment; Germination Mean Velocity (GMVdays $^{-1}$) to measure velocity of germination (Maguire 1962; Santana and Ranal 2000); Germination Mean Time (GMT days) to measure time of germination (Ranal and Santana 2006, 2009); and the beginning of root formation (RF days) refers to the date the first root appeared.

The G, GMT and GMV variables were processed using the GerminaQuant 1.0 software used for germination calculations (Marques et al. 2015), whose formulas are:

Germinability: G = $\left(\frac{N}{30}\right)$x100
with: N = number of seedlings germinated at the end of the experiment
Germination Mean Time: GMT = $\sum ni\ ti$ / $\sum ni$
with: ni = number of germinated propagules per day; ti = incubation time;
Germination Mean Velocity: GMV = $\frac{1}{GMT}$
The Germination Velocity Index (GVI) was calculated using the formula:
GVI = $(\frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} + \frac{G3}{T3}) \ldots + (\frac{Gi}{Ti})$
with: G1 to Gi = number of seedlings germinated each day; T1 to Ti = time (days)

Statistical analyses

The comparison of the germination tests between the different saline concentrations was carried out using the Analysis of Variance (ANOVA One-Way) and Tukey test, considering the homogeneity presuppositions of variances. Kruskall-Wallis non-parametric analysis (p <0.05), followed by Mann-Whitney test, was used in case of absence of these assumptions. The homogeneity of the variances was analyzed by the Levene test (Levene 1960).

Statistical data were processed in Statistica 6.0 and PAST 3.14 software (Hammer 2001). The statistical analyzes were evaluated for a critical level of significance of α = 0.05 (Zar 1998).

A Cluster analysis, using the Euclidean distance by the mean binding method, was applied to evaluate the similarity between the salinity treatments in relation to the physiological measures of germination. The similarity profile (SIMPROF) was used to test the statistical significance of the formed groups (Clarke and Warwick 2001). For this evaluation,

PRIMER 6.0 software was used. The Multidimensional Scaling (MDS) was applied to verify the level of similarity or dissimilarity between the different concentrations of salinity and the physiological measures of germination.

A Principal Component Analysis (PCA), based on a variance-covariance matrix, was used to verify the association of different physiological measurements with salinity concentrations. The significance of the axes was tested by randomization in the randomized Broken Stick model with 9,999 replicates per bootstrap (Jackson 1993). The sorting analyzes (MDS and PCA) were performed using the PAST software 3.14 (Hammer 2001).

RESULTS

The results of the difference between the treatments and the comparison of means of the physiological measurements regarding the germination of the *Laguncularia racemosa* propagules under the effect of different salinities, are presented in Table 1.

Salinity Concentration	Variables				
	G (%)	GVI	GMT (days)	GMV (days^{-1})	RF (days)
0	95.50 [a]	5.41 [a]	6.23 [a]	0.161 [a*]	2.67 [a]
15	96.60 [a]	5.01 [a]	6.47 [a]	0.155 [a*]	2.67 [a]
25	87.80 [a]	4.36 [a]	6.69 [a]	0.151 [a*]	3.67 [a]
40	80.00 [a]	3.95 [a]	6.59 [a]	0.152 [a*]	3.33 [a]
60	17.78 [b]	0.99 [b]	6.00 [a]	0.167 [a*]	3.66 [a]

Table 1. Germination values for *Laguncularia racemosa* propagules submitted to different salinity treatments (G-germinability; GVI-germination velocity index; GMT-germination mean time; GMV-germination mean velocity; RF-root formation; Same letter does not differ from each other at the 0.05% probability level).

* Applied nonparametric Kruskal-Wallis test, with later Mann-Whitney test.

The treatment with the highest germination rate (G) was the treatment with salinity of 15, followed by salinity 0 with 96.6% and 95.5%, respectively. The lowest germinability occurred at salinity of 60. There was a significant difference between germinability (p = 0.0002) and salinities.

The germination velocity index (GVI) was similar to germinability. The results showed significant differences between the lowest and highest salinities (p = 0.0007). The highest value of GVI occurred in the salinity of 0 with 5.41 and the lowest salinity of 60 with 0.99, showing that lower salinities result in higher germination speed and germination capacity.

Regarding the variable germination mean time (GMT), the results did not present significant differences between the treatments (p = 0.6), in this way, a 6-day pattern was found for all treatments.

For the mean germination mean velocity (GMV) no significant difference was

observed (p = 0.134) in the interaction between germination and the salinities 0, 15, 25, 40 and 60.

Root formation (RF) was faster throughout the treatments with concentrations of salinity 0 and 15, appearing within two days. With salinities from 25 on the root appeared on the third day. However, there were no significant differences between all treatments and root formation (p = 0.54).

Based on salinity and physiological measurements represented in cluster analysis, a large group could be identified, consisting of saline concentrations of 0, 15, 25 and 40, being dissimilar to the salinity of 60. The SIMPROF test confirmed the established group and their difference in relation to the highest salinity used in the experiment (Fig. 2). Thus, the results indicate that salinity of 60 tends to be less similar between physiological measurements than other salinities, with less expressive concentrations.
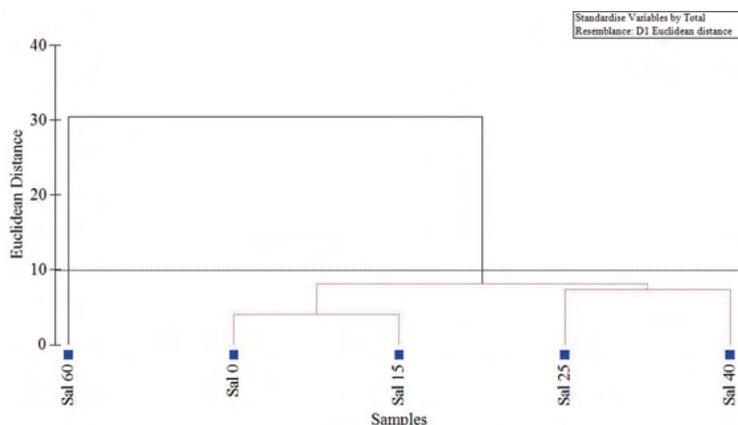
Fig. 2 Cluster analysis of the salinity treatments in relation to the physiological measures of *Laguncularia racemosa* propagules germination.

Similar to clustering, Multidimensional Scaling (MDS) grouped the most similar salinity treatments among physiological measures (Fig. 3). The graph shows a tendency to form two groups. The most similar group consists of salinities of 0, 15, 25 and 40 and the other group with only 60. Lower salinities tend to have different rates when compared to higher salinities.
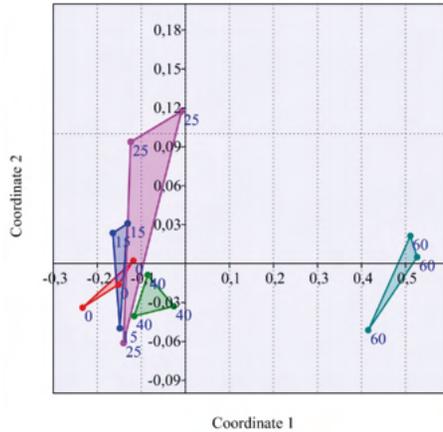
Fig. 3 Multidimensional Scaling (MDS) of different salinities levels and physiological measures of *Laguncularia racemosa* propagules germination.

The first two axes of the Principal Component Analysis (PCA) explained 98.1% of the total data variability, with axis 1 (68.8%) and axis 2 (29.3%), thus being sufficient to represent the factorial variance. The PCA verified the association of the physiological measurements with the salinity treatments (Fig. 4).
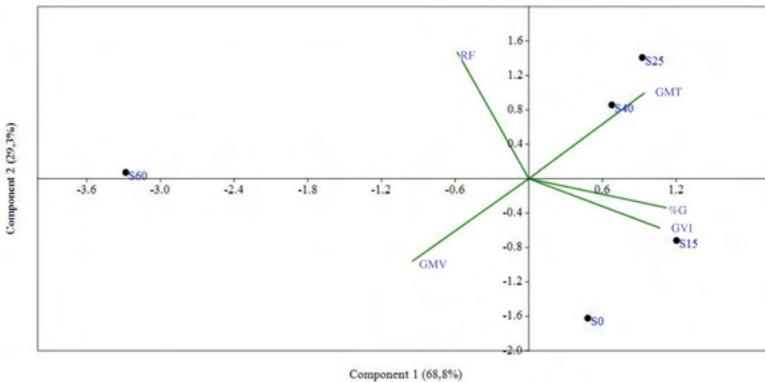
Fig. 4 Principal Component Analysis (PCA) between physiological measures (G-germinability, GVI-germination velocity index, GMT- germination mean time, GMV-germination mean velocity and RF-root formation) in different salinities.

Analyzing the association of physiological measurements in relation to salinity levels from the point of view of component 1, salinities 25, 40 and 60 show a tendency to associate with RF and GMT.

Considering component 2, GMV, GVI and % G showed a tendency to be associated with lower salinities 0 and 15, however, GMV showed a tendency to associate with salinity

60 . The GVI and % G tend to be lower in concentrations of 25, 40 and 60.

DISCUSSION

For some plant species the ability to enter estuarine environments depends on their tolerance to the salinity level throughout the germination (Krauss et al. 1998). The increase of salinity leads to a reduction and/or delay in the germination of both halophytic and glycophytic species (less salt tolerant) (Khan and Ungar 1984; Katembe et al. 1998). Although mangrove species have adapted to tolerance salinity, they are sensitive to higher salinities in the germination process (Ungar 1996; Khan and Abdullah 2003; Debez et al. 2004).

Studies have shown that young seedlings grow best under low salinity, while adults are affected in their growth both by high salinity and total absence of dissolved salts (Baskin and Baskin 2014). Possibly due to the salinity affecting the propagules variability, most mangrove species release their fruits in the rainy season, to increase the chances of survival under conditions of low salinity in the ecosystem (Bunt et al. 1982). River estuaries with high and medium salinity soils have been shown to be good habitats for mangrove forest growth. (Kantharajan et al. 2018). According to this Fernandes et al. (2005) observed, that the flowering and fruiting of *L. racemosa* occurs from January to March with greater intensity, and from June to August with lower intensity.

Considering the results, the germinability and the rate of germination were very sensitive to the concentration of high salinity (60), when they were significantly affected by the different salt concentrations. This effect can be justified, since with the passage of time the propagule loses the potential of germination due to the high saline content.

The growth of many halophyte species is optimal under relatively low salinities (Flowers et al. 2008). *Laguncularia racemosa* is rarely dominant, except when salinity is low (Jiménez 1985). In general, *L. racemosa* propagules, collected in the São José de Ribamar/Raposa region, are strongly subjected to stress conditions, mainly high salinities, as observed in the estuarine salinity used as control (40). In spite of this, the germination of the propagules was successful until the salinity of 40, possibly indicating that the propagules of the region are adapted to the adverse local conditions. The germination performance of the propagules was reduced considerably in the highest salinity (60), the germination rate and germination speed index decreased. There is research indicating the importance of salt to some mangroves, as well as evidencing that distinct species show different tolerances to salinity (Pezeshki et al. 1989).

Santana and Ranal (2004) described that a higher the germination speed index leads to greater germination capacity of the seeds, which means, if the germination occurs at the beginning of the experiment, this value will be higher than if it occurs late. In the experiment with propagules of *L. racemosa* from São José de Ribamar/Raposa, GVI values showed a

significant variation throughout the treatments with a salinity of 60.

As for the germination mean time and the mean velocity, the data showed that the lower the mean time, the higher grows the germination speed of the seeds, thus confirming that the mean germination time and mean germination velocity are two inversely proportional quantities (Ranal 2000).

In relation to the beginning of the root formation, Ye et al. (2005), studying the effects of salinity on the germination of mangrove plants of the genus *Acanthus*, *Aegiceras* and *Avicennia*, showed, that the beginning of the root formation varied from 3 to 7 days in low and high salinities, respectively. In this experiment, the root formation start ranged from 2 days for low salinity to 3 days for salinity from 25.

Some experiments have shown, that the optimum salinity concentration for mangrove species is much lower than that of seawater (Clough 1993). Moreover, the increase in salinity causes the plant to reach a tolerance limit, in which the adaptations to stress are limited and can cause its death (Larcher 2000, Oliveira 2005). Salt is generally not a requirement for growth, since most mangroves can grow in freshwater (Tomlinson 1986; Ball 1988).

Mangroves do not develop in exclusively sweet regions due to competition with freshwater species. Salinity is a limiting factor for species that are not adapted to the saline environment. In addition to be a limiting factor, Lichtenthaler (1996) has shown, that salinity in the mangrove can be considered a factor of stress (stimulating stress) in low concentrations and stress (negative stress) until it exceeds the limit of tolerance of the species. However, some mangrove forests are located far from estuaries in areas of low salinity soil (Jayatissa et al. 2008).

Although the mangrove grows and supports saline environments, the present experiment identified that the *Laguncularia racemosa* mangrove species is fully capable of germinating in fresh water and presents a variation in germination as a function of salinity.

CONCLUSIONS

In conclusion, our results indicate that the most efficient germination occurred with propagules submitted to concentrations ranging from fresh water to salinity of 15. In order to stimulate a more efficient germination, *Laguncularia racemosa* seedlings should be kept soaked in concentrations ranging from freshwater to salinity of 15 during the production process of seedlings for the recovery of degraded mangroves.

The present study generated relevant information, regarding the impact of saline stress on the germination of *L. racemosa* propagules. In this way, it contributes to the development and improvement of the techniques used in the germination of propagules for the production of seedlings, aiming the ecological recovery of mangroves.

FUNDING

This research was funded by the Maranhão Foundation for Scientific and Technological Research and Development - FAPEMA.

REFERENCES

Alongi DM (2002) Present state and future of the world's mangrove forests. Environ Conserv 29:331-349

Ball MC (1988) Ecophysiology of mangroves. Trees 2:129-142

Baskin CC, Baskin JM (2014) Germination ecology of plants with specialized life cycles and/or habitats. In: Baskin CC, Baskin JM (eds) Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination, 2nd edn. Academic Press, San Diego

Bunt JS, Williams WT, Clay HJM (1982) River water salinity and the distribution of mangrove species along several rivers in North Queensland. Australian Journal of Botany. https://doi.org/10.1071/BT9820401

Clarke KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, Plymouth

Clewell AF, Aronson J (2012) Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession. Island Press, Washington

Clough BF (1993) Constraints on the growth, propagation and utilization of mangroves in arid regions. In: Lietg H, Masson AA (eds) Towards the rational use of high salinity tolerant plant*s*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp 341-352

Clough BF, Ong JE, Gong WK (1997). Estimating leaf area index and photosynthetic production in canopies of the mangrove *Rhizophora apiculata*. Marine Ecology Progress Series 159:285-292

Debez A, Ben HK, Grignon C, Abdelly C (2004) Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cacile maritima*. Plant Soil 262:179–189

FAO (2007) The World's Mangroves: 1980–2005. Food and Agricultural Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/010 /a1427e/a1427e00.htm.

Fernandes MEB, Virgulino ARC, Nascimento, AAM; Rodrigues LP (2005) Padrões de frutificação em *Laguncularia racemosa* (L.) C. F Gaertn. Uma avaliação metodológica. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia 18:33-38

Ferreira AC, Lacerda LD (2016). Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. Ocean Coas t. Manag. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.03.011

Flowers TJ, Colmer TD (2008) Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 179:945-963

Goforth JR, HW, JR Thomas (1979) Plantings of Red Mangroves (*Rhizophora mangle* L.) for stabilization of Marl shorelines in Community College the Florida Keys. In: Cole, DP (ed) Proceedings of conference on wetlands restoration and creation. Hillsborough, Florida, pp 207-230

Hamilton S, Casey D (2016) Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century. Glob Ecol Biogeogr 25:729–738

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4:1- 9

IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (2011). Situação Ambiental-Municípios-da Ilha do Maranhão. IMESC, São Luís.

Jackson DA (1993) Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. Ecology 74:2204-2214

Jayatissa LP, Wickramasinghe WAADL, Dahdouh-Guebas F, Huxham M (2008) Interspecific variations in responses of mangrove seedlings to two contrasting salinities. Int Rev Hydrobiol 93:700–710

Jiménez JA (1985) *Laguncularia racemosa* (L.) C. F Gaertn White mangrove. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, pp 1-4

Kantharajan G, Pandey PK, Krishnan P, Ragavan P, Jeevamani JJJ, Purvaja R, Ramesh R (2018) Vegetative structure and species composition of mangroves along the Mumbai Coast, Maharashtra, India. Reg Stud Mar Sci 19:1–8

Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP (1998) Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex sepecies* (Chemopodiaceae). Ann. Bot. 82:167–175

Khan MA, Abdullah Z (2003) Salinity-sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa*) under dense soil conditions. Environmental and Experimental Botany http//doi.org/10.1016/S0098-8472 (02)00066-7

Khan MA, Ungar IA (1984) The effect of salinity and temperature on germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis*. Am. J. Bot. 71:481–489

Kjerfve B, Perillo GME, Gardner LR, Rine JM, Dias GTM, Mochel FR (2002) Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: Healy TR, Wang Y, Healy J-A (eds) Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions. Amsterdam, Elsevier, pp 207-230

Koppen W, Geiger R (1928) Die klimate der Erde. Wall-map 150cmx200cm, Gotha: Verlag Justus Perthes.

Krauss KW, Chambers JL, Allen JA (1998) Salinity effects and differential germination of several half-sib families of baldcypress from different seed sources. New Forest. 15:53–68

Larcher W (2000) Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA.

Levene H (1960) Robust test for equality of variances. In: Olkin I, Ghurye SG, Hoeffding W, Madow WG, Mann HB (eds) Contributions to Probability and Statistics: essays in honor of harold hotelling. Stanford University Press, California, pp 278-292

Lichtenthaler HK (1996) Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants. Journal of Plant Physiology 148 4-14

López-Portillo J, Lewis III RR, Saenger P, Rovai A, Koedam N, Dahdouh-Guebas F, Agraz-Hernández C, and Rivera-Monroy VH (2017) Mangrove Forest Restoration and Rehabilitation. In: Rivera-Monroy VH, Lee SY, Kristensen E, Twilley RR (eds.) Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective. Springer International Publishing, Amsterdan, pp 301-345

Maguire JD (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop science 2:176-177

Marques FRF, Meiado MV, Castro NMCRD, Campos MLDO, Mendes KR, Santos ODOD, Pompelli MF (2015) Germina Quant: a new tool for germination measurements. Journal of Seed Science 37:248-255

McDonald T, Gann GD, Jonson J, Dixon KW (2016) International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, DC

Mochel FR (2011) Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: Martins MB, Oliveira, TG (eds) Amazônia Maranhense. Diversidade e Conservação. Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp 93-118

Mochel FR (2016) Manguezais da Amazônia Maranhense. Conservação e Recuperação Ecológica. In: Seabra G (ed) Terra, paisagens, solos, biodiversidade e os desafios para um bom viver. Barlavento. Ituiutaba, pp 404-419

Mochel FR, Correia MMF, Cutrim MVJ, Ibañez MSR, Azevedo ACG, Oliveira VM, Pessoa CRD, Maia DC, Silveira PC, Ibañez Rojas MOA, Pacheco CM, Costa CFM, Silva LM, Puiseck AMB (2002) Degradação dos Manguezais na Ilha de São Luís (MA): processos naturais e impactos antrópicos. In: Prost MT, Mendes AC (Org.). Ecossistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental. MPEG, Belém, pp 114-131

Mochel FR, Fonseca ILA (2019) Abordagem integrada para a recuperação de manguezais degradados em áreas portuárias com estudo de caso em São luís, Maranhão. In: Mochel FR (Org.) Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário. Atena, Paraná, pp 59-71

Oliveira VF (2005) Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke *Laguncularia racemosa* (L.) C. F Gaertn. Dissertation, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Parida AK, Jha B (2010) Salt tolerance mechanisms in mangroves: a review. Trees 24:199-217

Paula ALS, Lima BKS, Carmo EL, Maia RC (2012) Experiência com a produção de mudas de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia* sp para recuperação de um manguezal degradado no estuário do rio Acaraú-CE. VII CONNEPI. http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4620/1716

Pezeshki SR, DeLaune RD, Patrick Jr WH (1990). Differential response of selected mangroves to soil flooding and salinity: gas exchange and biomass partitioning. Canadian Journal of Forest Research 20:869-874

Ranal MA, Santana DG (2006) How and why to measure the germination process? Revista Brasileira de Botânica 29:1-11

Ranal, MA, Santana DGD, Ferreira WR, Mendes-Rodrigues C (2009) Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. Brazilian Journal of Botany 32:849-855

Santana DG, Ranal MA (2000) Análise estatística na germinação. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12:205-237

Santana DG, Ranal MA (2004) Análise da germinação: um enfoque estatístico. Editora UnB, Brasília.

Schaeffer-Novelli Y, Citrón G (1986) Guia Para Estudo de Áreas de Manguezal: Estrutura, Função e Flora. Caribbean Ecological Research. São Paulo

Schaeffer-Novelli, Y (1989) Perfil dos ecossistemas Litorâneos Brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico 7:1-16

Silva LNM, Mochel FR (1994) Aspectos ecológicos da macrofauna bêntica dos manguezais do estado do Maranhão. Ilha de São Luís. Relatório parcial do programa integrado de estudos ecológicos dos manguezais do estado do Maranhão, UFMA, v. 01.

Sobrado MA (2004) Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap, leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) C. F Gaertn. Trees 18:422–427

Society for Ecological Restoration SER. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política (2004) Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica, SER, Tucson

Tang TV, Rene ER, Binh TN, Behera SK, Phong NT (2020) Mangroves diversity and erosion mitigation performance in a low salinity soil area: case study of Vinh City, Vietnam. Wetlands Ecol Manage https://doi.org/10.1007/s11273-019-09704-0(0123456789

Tomlinson PB (1986) The Botany of Mangroves. Cambridge University Press, Cambridge

Ungar IA (1996) Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). American Journal of Botany 83:604–607

Viana, VM (1990) Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: Anais Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, pp 219-221

Wang W, Yan Z, You S, Zhang Y, Chen L, Lin G (2011) Mangroves: obligate or facultative halophytes? A review. Trees Struct Funct 25:953–963

Ye Y, Tam NFY, Lu CY, Wong YS (2005) Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. Aquat Bot 83:193–205

Zar JH (1998) Biostatistical Analysis (4th Edition). Prentice Hall, Englewood Clifs, New Jersey.

CAPÍTULO 4

BIOMONITORAMENTO DO RIO CATOLÉ GRANDE, BA, POR MEIO DA AVALIAÇÃO DE DANOS GENÉTICOS NOS ERITRÓCITOS DE *HOPLIAS MALABARICUS* (BLOCH, 1794) (CHARACIFORMES, ERYTHRINIDAE)

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 03/08/2021

Hellen Karoline Brito da Rocha
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/ Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos - NEOAQUA
Itapetinga-BA
http://lattes.cnpq.br/8595797761649010

Cláudia Maria Reis Raposo Maciel
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/Departamento de Ciências Exatas e Naturais - DCEN/ Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos - NEOAQUA
Itapetinga-BA
https://orcid.org/0000-0001-6641-807X

Alaor Maciel Júnior
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/ Departamento de Tecnologia Rural e Animal - DTRA/ Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos - NEOAQUA
Itapetinga-BA
https://orcid.org/0000-0002-1432-3930

RESUMO: O rio Catolé Grande banha o município de Itapetinga, na região Sudoeste da Bahia, sendo a principal fonte de abastecimento hídrico da população. Apesar da sua importância, o rio vem sofrendo os impactos negativos ao longo do seu percurso, o que compromete a qualidade da sua água. Assim, objetivou-se realizar o biomonitoramento do rio Catolé Grande, através da avaliação de danos genéticos nos eritrócitos de *Hoplias malabaricus*, por meio do teste de micronúcleo e alterações nucleares. Foram amostrados exemplares de traíra, na porção urbana do rio que atravessa Itapetinga. Destes animais, foram coletadas amostras de sangue periférico e realizada a confecção dos esfregaços sanguíneos. Para a contagem de micronúcleos, examinou-se um total de mil eritrócitos por peixe. As análises dos esfregaços sanguíneos revelaram alta frequência média de células micronucleadas em comparação com dados encontrados em literatura. Foram registradas, também, anormalidades nucleares do tipo "*Notched*", "*Lobed*" e "*Blebbed*", as quais podem ser explicadas por uma ação de reparo da célula ao detectar uma região cromossômica afetada iniciando um processo de reparação e/ou eliminação. A análise do teste do micronúcleo e das alterações morfológicas nucleares indicaram que a traíra, *Hoplias malabaricus*, está respondendo aos efeitos de xenobióticos presentes na água do rio Catolé Grande, BA.
PALAVRAS - CHAVE: Bioindicador; Micronúcleo; Peixe; Sangue; Traíra.

BIOMONITORING OF THE CATOLÉ GRANDE RIVER, BA, THROUGH THE ASSESSMENT OF GENETIC DAMAGE IN THE ERYTHROCYTES OF *HOPLIAS MALABARICUS* (BLOCH, 1794) (CHARACIFORMES, ERYTHRINIDAE)

ABSTRACT: The Catolé Grande river flows through the municipality of Itapetinga, in the Southwest region of Bahia, and is the main source of water supply for the population. Despite its importance, the river has been suffering

negative impacts along its course, which compromises the quality of its water. Thus, the objective was to carry out the biomonitoring of the Catolé Grande river, through the evaluation of genetic damage in the erythrocytes of *Hoplias malabaricus*, through the micronucleus test and nuclear alterations. Specimens of trahira were sampled in the urban part of the river that crosses Itapetinga. From these animals, peripheral blood samples were collected and blood smears were made. For the micronucleus count, a total of one thousand erythrocytes per fish were examined. Nuclear abnormalities such as *"Notched"*, *"Lobed"* and *"Blebbed"* were also recorded, which can be explained by a repair action of the cell when detecting an affected chromosomal region, initiating a repair and/or elimination process. The analysis of the micronucleus test and the nuclear morphological alterations indicated that the trahira, *Hoplias malabaricus*, is responding to the effects of xenobiotics present in the water of the Catolé Grande river, BA.
KEYWORDS: Bioindicator; Blood; Fish; Micronucleus; Trahira.

1 I INTRODUÇÃO

O rio Catolé Grande é fonte de água doce para as populações das cidades de Itapetinga, Caatiba e Barra do Choça, atendendo as necessidades hídricas das comunidades rurais e urbanas dos municípios baianos, além de ser também utilizado para pesca, lazer, limpeza de objetos e outras atividades (BARRETO; ROCHA; OLIVEIRA, 2009). Apesar da sua importância, o rio sofre impactos negativos ao longo do seu percurso, como a degradação da sua mata ciliar, o que compromete a qualidade da sua água.

Os ecossistemas aquáticos são componentes críticos do ambiente global, uma vez que apresentam essencial contribuição para a biodiversidade e produtividade ecológica, e proporcionam grande variedade de serviços essenciais para a população humana (POFF, BRINSON, DAY, 2002).

Segundo Vasconcelos (2012), a ação humana, principalmente por meio da expansão e intensificação das atividades econômicas e do adensamento populacional de forma desordenada, vem ocasionando crescentes problemas para os recursos hídricos, alterando o regime hidrológico, a qualidade e a quantidade das águas. Nessa perspectiva, de acordo com Gouveia et al. (2014), ambientes aquáticos como rios, estuários, lagoas e oceanos, principalmente próximos às cidades, recebem, de forma crescente, inúmeros compostos poluentes como resultado da atividade antropogênica.

A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência dessas ações sobre os sistemas biológicos (CAIRNS JR. e PRATT, 1993). Conforme Ferreira et al. (2017), estudos realizados por parâmetros físico-químicos representam as transformações ambientais específicas e momentâneas da qualidade da água, tendo pouca habilidade constatação de alterações nas comunidades biológicas.

O uso de parâmetros biológicos para analisar a qualidade da água baseia-se nas

respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem. Desta forma, algumas agências ambientais têm apresentado propostas para o uso do biomonitoramento. Porém, estudos que determinam regras que limitam a aplicação dessas propostas são escassos.

Os peixes são excelentes organismos sentinelas no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos, uma vez que estão diretamente expostos aos agressores ambientais e reagem sensivelmente a quaisquer alterações no meio (LEMOS et al., 2007). Além do seu importante papel na nutrição humana, esses animais apresentam potencial de bioacumulação de substâncias genotóxicas, bem como sensibilidade a baixas concentrações de agentes mutagênicos (DEUTSCHMANN et al., 2016).

Considerando que bioindicadores são organismos que apresentam respostas biológicas às condições ambientais de longo prazo e reagem a mudanças súbitas dos fatores intrínsecos ao ambiente, os peixes são frequentemente os mais convenientes para o monitoramento da poluição em ecossistemas aquáticos (RAMSDORF et al., 2012). Desta forma, para Gouveia et al. (2014), trabalhos com genotoxicidade em peixes são considerados uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água, dos efeitos de poluentes e da ação antrópica no ambiente aquático.

Dentre as espécies de peixes de água doce, a traíra (*Hoplias malabaricus*) apresenta potencial bioindicador, pois segundo Novais (2019), a espécie bioacumula os compostos tóxicos lançados no rio. A presença de *Hoplias malabaricus* no rio Catolé Grande, Bahia, foi registrada por Pinto (2013).

Segundo Arslan et al. (2015), o teste de micronúcleos (MN) vem sendo utilizado para detectar a presença dos agentes genotóxicos no ambiente, por ser considerada uma técnica confiável, rápida e menos exigente tecnicamente para o registro de aberrações cromossômicas. Este teste tem se tornado recorrente em estudos ambientais para determinar alterações genéticas nos organismos em águas contaminadas e misturas complexas, sendo bastante aplicado para realizar medições de impactos ambientais.

Esse estudo teve como objetivo realizar o biomonitoramento do rio Catolé Grande, no trecho urbano que atravessa o município de Itapetinga, BA, através da avaliação de danos genéticos nos eritrócitos de *Hoplias malabaricus*, por meio do teste de micronúcleo e alterações nucleares.

2 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado obedecendo aos Princípios Éticos para o Uso de Animais de Laboratório, publicado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – SBCAL/COBEA, e foi aprovado pela Comissão de Ética de Uso Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – CEUA/UESB, registro no 129/2016.

2.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas no rio Catolé Grande, em dois trechos urbanos na porção urbana que atravessa o município de Itapetinga, BA, considerando avaliações preliminares visuais dos aspectos de preservação e degradação do ambiente.

Itapetinga é um município baiano, localizado na região Sudoeste, entre as cidades de Vitória da Conquista (a 100 km) e Itabuna (a 130 km), sendo que o principal rio que banha o município é o Catolé Grande, afluente do rio Pardo. Apresenta um clima tropical com temperatura média de 23,6°C, que pode variar em 4,3°C no decorrer do ano, e a pluviosidade média anual é de 857 mm (CLIMATE DATA, 2019).

2.2 Material utilizado

Os exemplares utilizados neste trabalho foram capturados com o consentimento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para pesquisa com aplicação científica, nº 30820-1, emitida pelo SISBIO – Sistema de Autorização e Informação de Biodiversidade.

Foram utilizados exemplares de *Hoplias malabaricus*, coletados em 2018, que foram triados e preparados para coleta do sangue das brânquias para aplicação da técnica de esfregaço sanguíneo, conforme Bücker, Carvalho e Alves-Gomes (2006). O sangue foi colocado nas lâminas e procedeu-se o esfregaço. Logo após, as mesmas foram secas em temperatura ambiente e, em sequência, a desidratação com álcool metílico 99,8% (metanol). Assim, realizou-se a coloração do tecido sanguíneo com solução Giemsa, na proporção de 3 gotas do corante para cada 2ml de água destilada, aguardando 20 minutos. Por fim, as lâminas foram lavadas em água corrente e, então, analisadas.

As lâminas contendo os esfregaços encontram-se armazenadas no Laboratório de Biologia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia / UESB, no campus Juvino Oliveira, em Itapetinga, BA.

2.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi feita pela análise das lâminas, realizadas com auxílio de microscópio de luz acoplado a um microcomputador contendo um software de análise de imagem (Image PRO PLUS ®), no Laboratório de Biologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/UESB, Campus Juvino Oliveira.

2.4 Análise dos dados

O reconhecimento do micronúcleo e das alterações morfológicas nucleares foi feito de acordo com Gonçalves (2015), que considerou como micronúcleos, os corpúsculos formados e visivelmente separados do núcleo principal, com bordas distinguíveis e com a mesma refringência do núcleo principal.

Para a contagem de micronúcleos (MNs), foram examinados mil (1.000) eritrócitos por esfregaço sanguíneo, analisando um total de três mil (3.000) eritrócitos (OLIVEIRA e VALDES, 2019).

Após o material ser coletado e fotografado, as imagens foram colocadas no Image PRO PLUS onde foram detectados e analisados os micronúcleos e as anomalias nucleares. As alterações encontradas foram registradas e discutidas de acordo com a literatura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Presença de micronúcleos

Os micronúcleos encontrados nos eritrócitos de *Hoplias malabaricus* apresentaram-se como um fragmento citoplasmático de cromatina com aparência arredondada ou ovalada localizado próximo ao núcleo (Figura 1). Estas estruturas formam-se devido ao atraso dos fragmentos cromossômicos acêntricos ao longo da anáfase e não se juntam nos núcleos das células filhas na etapa da divisão celular (OBIAKOR et al., 2012).
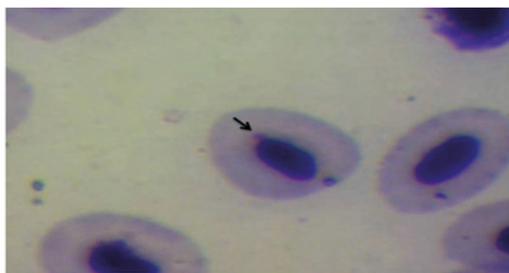
Figura 1. Micronúcleo no eritrócito (seta) de traíra, *Hoplias malabaricus,* coletada no rio Catolé Grande, BA, em 2018.

De acordo com Goes et al. (2016), são considerados micronúcleos as partículas que, em relação ao núcleo principal, não excedem 1/3 do seu tamanho, estando nitidamente separadas, com bordas distinguíveis e com mesma cor e refringência do núcleo.

No presente estudo, o teste de micronúcleos se mostrou eficiente na identificação de eritrócitos micronucleados de *Hoplias malabaricus*. Entretanto, foi registrada uma frequência média de MNs que alertou para contaminação ambiental em reflexo à presença de compostos genotóxicos na água, sendo encontrados 4 MNs/ 1.000 eritrócitos, 0,4%. Isso pode indicar, como as traíras estão presentes no topo da cadeia alimentar, uma bioacumulação de substâncias genotóxicas que podem causar mutagênese e até mesmo carcinogênese. Este fato também foi registrado por Rezende (2011), em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que verificou o aumento da frequência média de micronúcleos de 0,34%, em amostras da Represa Billings, SP.

Segundo Thomé, Silva e Santos (2016), a ocorrência de micronúcleos por origem endógena é amplamente relatada e não ultrapassa valores iguais a 1 por 1.000 células. Para os autores, os MNs aparecem devido a uma quebra cromossômica ou de disfunções dos fusos mitóticos e eventualmente pode ser normal, mas o aumento da frequência é indubitavelmente influenciado pela exposição a substâncias clastogênicas (quebra cromossômica) e/ou aneugênicas (segregação cromossômica anormal) sendo, assim, um claro sinal de perturbação no ambiente. Este fato permite considerar que, nos peixes avaliados, houve influência da ação de xenobióticos presentes na água do rio Catolé, em concentrações capazes de produzir danos ao material genético dos organismos aquáticos. Desta forma, sugere-se que as altas frequências de MNs detectadas são devidas à ação antropogênica exercida no curso do rio.

Resultados semelhantes foram registrados por outros autores, em outros locais e datas. Santos (2015) avaliou a frequência de micronúcleos em tambaquis (*Colossoma macropomum*) de pisciculturas da região de Presidente Médici, RO, e verificou que, em uma delas, os animais apresentaram a maior frequência de MN: de 120.000 células analisadas foi encontrado um total de 3.070 MNs. O autor correlacionou o uso do agrotóxico ao número de eritrócitos micronucleados nesses peixes, cujos tanques recebiam, por lixiviação, água contaminada de culturas agrícolas, evidenciando que substâncias poluentes são capazes de causar dano ao material genético do tambaqui.

Bueno et al. (2017) utilizaram os parâmetros físico-químicos da água e teste de micronúcleo em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para avaliarem a qualidade da água da represa Cocais, em Patrocínio, MG. Eles observaram uma maior frequência de MNs nas células dos peixes capturados na represa: período de seca, 33 em 24.000 células analisadas e período chuvoso, 26 em 24.000 células analisadas, sugerindo que a água está contaminada por genotóxicos que alteraram o material genético desses bioindicadores. Nesse caso, o teste de MNs também se mostrou adequado para a avaliação a qualidade da água.

Para Goes et al. (2016), o teste do micronúcleo mostrou-se rápido e prático para o monitoramento da poluição do rio Tapajós, PA, demonstrando que a presença de poluentes no rio provocou alterações genéticas nas células dos peixes, pela grande quantidade de micronúcleo encontrada. A partir da análise, constatou que os dois pontos de coleta localizados na orla da cidade de Santarém, PA, apresentaram um número significativamente superior de micronúcleos nas células analisadas (31 e 54 48 MNs) em comparação ao ponto adotado como controle (11 MNs).

Mota, Barboni e Jesus (2009) realizaram teste de micronúcleos em peixes dos rios da Bacia do Paraguaçu, em Feira de Santana, BA. Eles utilizaram tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) como bioindicadores de poluição ambiental e do total de 20.000 células analisadas encontraram 119 MNs, indicando a ação de genotóxicos nas células dos peixes.

Em estudo no rio Catolé Grande, BA, Alves (2017) registrou a frequência média de 0,1, 0,12 e 0,25 MNs em tilápia do Nilo (*Orechromis niloticus),* acará *(Geophagus brasiliensis)* e apaiari (*Astronotus crassipinnis)*, respectivamente. O autor afirmou que os dados evidenciaram o potencial toxicológico das substâncias xenobióticas presentes na água.

No presente estudo verificou-se uma frequência média de 4 MNs em traíra (*Hoplias malabaricus)*, que, em comparação ao estudo de Alves (2017), é uma frequência mais elevada.

3.2 Alterações nucleares

Além dos micronúcleos, também foram registradas alterações morfológicas nucleares nos eritrócitos de trára, *Hoplias malabaricus,* dos tipos: Notched (Figura 2), Lobed (Figura 3) e Blebbed (Figura 4).
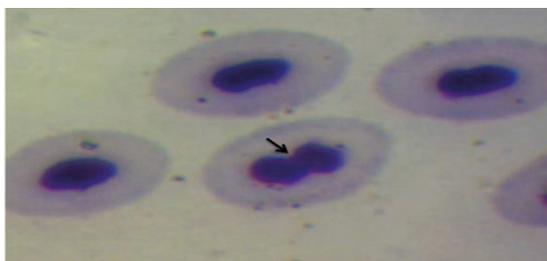
Figura 2. Alteração morfológica no núcleo do eritrócito de traíra, *Hoplias malabaricus*, coletada no rio Catolé Grande, BA, em 2018 – tipo Notched (seta).

Segundo Thomé, Silva e Santos (2016), além dos micronúcleos, outras anormalidades nucleares presentes nos eritrócitos dos peixes são consideradas biomarcadores citogenéticos de impacto ambiental, que podem ser utilizadas numa análise complementar à frequência de micronúcleo. Eles definiram as alterações como células binucleadas, invaginadas e lobuladas. Para os autores, essa correlação indica que as alterações nucleares podem ser respostas primárias, isto é, antes da formação de micronúcleos.

As alterações morfológicas nucleares do tipo Notched (Figura 2) são originadas quando o núcleo apresenta um corte exato em sua forma (CARRASCO et al., 1990). Esses cortes não apresentam materiais nucleares e possuem aparência marcada pela membrana nuclear.

As alterações morfológicas nucleares do tipo Lobed (Figura 3) apresentam núcleos com projeções da membrana celular para fora da célula (evaginações) expandidas (CARRASCO et al., 1990).
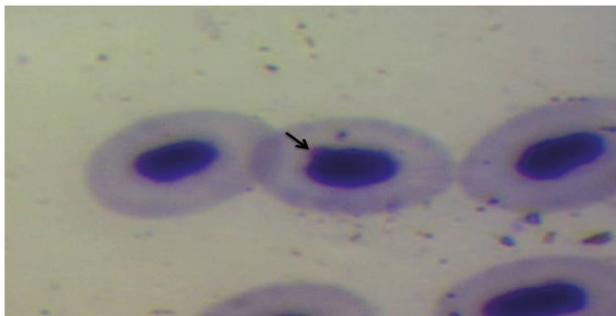
Figura 3. Alteração morfológica no núcleo do eritrócito de traíra, *Hoplias malabaricus*, coletada no rio Catolé Grande, BA, em 2018 – tipo Lobed (seta).

Nas alterações morfológicas nucleares do tipo Blebbed (Figura 4), o núcleo também possui evaginação da membrana nuclear, porém em tamanho reduzido e ainda presa ao núcleo (CARRASCO et al., 1990).
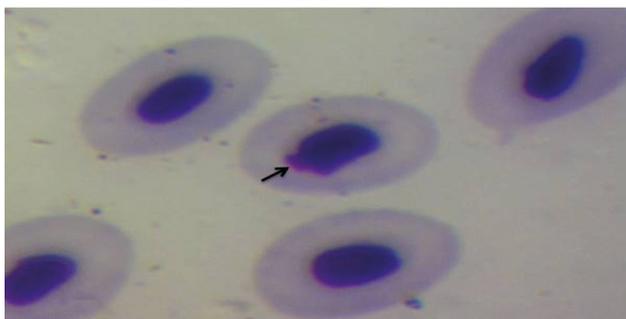
Figura 4. Alteração morfológica no núcleo do eritrócito de traíra, *Hoplias malabaricu*s, coletada no rio Catolé Grande, BA, em 2018 – tipo Blebbed (seta).

4 I CONCLUSÃO

As análises do teste do micronúcleo e das alterações morfológicas nucleares nos eritrócitos demonstrarm que a traíra, Hoplias malabaricus, está respondendo aos efeitos de xenobióticos presentes na água do rio Catolé Grande, BA, indicando que esta espécie seja adequada em estudos de biomonitoramento de qualidade de água.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. S. **Uso de peixe como biomarcador de poluição aquática do rio Catolé Grande, Bahia.** 2017, 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2017.

ARSLAN, O. C.; BOYACIOGLU, M.; PARLAK, H.; KATALAY, S.; KARAASLAN, M. A. Assessment of micronuclei induction in peripheral blood and gill cells of some fish species from Aliağa Bay Turkey. **Marine Pollution Bulletin**, v. 94, p. 48-54. 2015.

BARRETO, L. V.; ROCHA. F. A.; OLIVEIRA, M. S. C. Monitoramento da qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Catolé, em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 5, n. 8, p. 1-16, 2009.

BÜCKER, A.; CARVALHO, W.; ALVES-GOMES, J. A. Avaliação da mutagênese e genotoxidade em *Eignmannia virescens* (Teleostei: Gymnotiformes) expostos ao benzeno. **Acta Amazônica**, v. 26, n. 3, p. 357-364, 2006.

BUENO, A. P. M.; VASCONCELOS, M. G.; FRANCISCO, C. M.; PAVANIN, L. A. Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físico-químicos da água da represa Cocais, Minas Gerais. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 3, p. 32-36, 2017.

CAIRNS Jr., J.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall. 1993. pp. 10-27.

CARRASCO, K. R.; TILBURY, K. L.; MYERS, M. S. Assessment of the piscine micronucleus test as an in situ biological indicator of chemical contaminant effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, p. 2123 -2136, 1990.

CLIMATE DATA. Clima de Itapetinga – Bahia - Brasil. 2019. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/itapetinga-1071/

DEUTSCHMANN, B.; KOLAREVIC, S.; BRACK, W.; KAISAREVIC, S.; KOSTIC, J. Longitudinal profile of the genotoxic potential of the River Danube on erythrocytes of wild common bleak (*Alburnus alburnus*) assessed using the comet and micronucleus assay B. **Science of the Total Environment,** v. 573, p. 1441–1449, 2016.

FERREIRA, P. V. N.; RUIZ, M. V. S.; AGUIAR, C. M. A. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia (MG). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, p. 25- 36, 2017. doi: 10.17271/19800827

GOES, I. M. C. et al. Avaliação da poluição do rio Tapajós, no Município de Santarém - PA, através do teste do micronúcleo, utilizando peixes como bioindicador. **Revista Em Foco**, Fundação Esperança/IESPES, Santarém (PA), v. 1, n. 23, p. 6-16, 2016.

GONÇALVES, H. L. S. **Diferença na frequência basal de micronúcleos e alterações morfológicas nucleares em eritrócitos de *Astyanax altiparanae, Geophagus brasiliensis, Piaractus mesopotamicus, Rhamdia quelen, Hoplias intermedius* e *Oreochromis niloticus.*** 2015, 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2015.

GOUVEIA, J. G. et al. Impacto da ação antrópica sobre o DNA de Astyanax sp. de duas áreas do Córrego Ceroula, Campo Grande - MS, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 31, p. 11-20, 2014.

LEMOS, C. T.; RODEL, P. M.; TERRA, N. T.; OLIVEIRA, N. C. D.; ERDTMANN, B. River water genotoxicity evaluation using micronucleus assay in fish erythrocytes. **Ecotoxicol. Environ.,** v. 66, p. 391 - 401, 2007. doi:10.1016/j.ecoenv.2006.01.004.

MOTA, G. G. P; BARBONI, S. A. V; JESUS, M. C. Tilápias (Actinopterygii: Cichlidae) comercializadas em feira de Santana (Bahia) como bioindicadores de poluição ambiental em rios da bacia do Paraguaçu. Pesticidas. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 19, 2009.

NOVAIS, J. G. **Efeito bioacumulador no fígado de Hoplias malabaricus (Block, 1794) (Characiformes, Erythrinidae) do rio Catolé Grande, BA.** 2019. 47fl. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 2019.

OBIAKOR, M. O.; OKONKWO, J. C.; NNABUDE, P. C. EZEONYEJIAKU, C. D. Ecogenotoxicology: Micronucleus Assay in Fish Erythrocytes as In situ Aquatic Pollution Biomarker: a Review. **Journal of Animal Science Advances**, v. 2, n. 1, p. 123-133, 2012.

OLIVEIRA, H. W.; VALDES, S. A. C. Frequência de micronúcleos em tilápias *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) de pisciculturas no município de Matutina (MG). **Revista do COMEIA**, v. 1, n. 1, p.41-50. abr. 2019.

PINTO, R. C. A. B. L. **Caracterização da ictiofauna do rio Catolé Grande no município de Itapetinga,** BA. 2013, 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2013.

POFF, N. L.; BRINSON, M. M.; DAY, J. W. Jr. **Aquatic ecosystems & Global climate change: Potential Impacts on Inland Freshwater and Coastal Wetland Ecosystems in the United States. Pew Center on Global Climate Change.** 2002. 56 p

RAMSDORF, W. A.; VICARI, T.; ALMEIDA, M. I. M.; ARTONI, R. F.; CESTARI, M. M. Handling of Astyanax sp. for biomonitoring in Cangüiri Farm within a fountainhead (Iraí River Environment Preservation Area) through the use of genetic biomarkers. **Environ. Monit. Assess.**, v. 184, p. 5841–5849, 2012.

REZENDE, K. F. O. **Alterações morfológicas de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) expostas às águas da represa Billings**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, V. T. F. **Frequência de micronúcleos em tambaquis de pisciculturas no município de Presidente Médici - RO: influência de agrotóxicos**. 2015. Monografia. Universidade Federal de Rondônia – UNIR, 2015.

THOMÉ, R. G; DA SILVA, P. M.; DOS SANTOS, H. B. Avaliação de Genotoxidade da Água de um Rio Urbano Utilizando Estudo de Células Sanguíneas de *Danio rerio*. **Conexão Ciência**, v. 11, n. 2, p. 9-16, 2016.

VASCONCELOS, M.G. **Avaliação integrada da qualidade da água do Rio Uberabinha - MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da ictiofauna.** 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

CAPÍTULO 5

GAMETOGÊNESE E REPRODUÇÃO DO INVASOR *AUCHENIPTERUS OSTEOMYSTAX* (AUCHENIPTERIDAE, SILURIFORMES) NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ, BRASIL

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 09/07/2021

Claudenice Dei Tos
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas, Maringá, PR
http://lattes.cnpq.br/2435074577273002

Herick Soares de Santana
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Departamento de Áreas Acadêmicas, Águas Lindas de Goiás, GO
https://orcid.org/0000-0001-8138-5261

Arthur Henrique de Sousa Antunes
Universidade Estadual de Maringá, Colégio de Aplicação Pedagógica, Maringá, PR
https://orcid.org/0000-0002-9374-0993

Ana Luiza Faria Bernardes
Universidade Estadual de Maringá, Colégio de Aplicação Pedagógica, Maringá, PR
https://orcid.org/0000-0002-2381-2760

RESUMO: *Auchenipterus osteomystax* tem ocorrência nos rios de la Plata, Tocantins e baixo Amazonas. Esta espécie invadiu e colonizou o alto rio Paraná após a inundação dos Saltos de Sete Quedas e a formação do reservatório de Itaipu. Alimenta-se principalmente de insetos, um recurso abundante nos rios e lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná. Este estudo, com base na microscopia de luz, tem por objetivos: i) caracterizar as células germinativas de fêmeas e machos desta espécie; ii) reconhecer as fases reprodutivas das gônadas e iii) verificar os locais de reprodução na planície de inundação do alto rio Paraná. As coletas foram realizadas nos meses março, junho, setembro, dezembro de 2015, 2016, 2018, março e setembro/2017 e março de 2020. Foi registrado o comprimento padrão (cm), peso total (g), peso das gônadas (g) e a fase reprodutiva com base nas caraterísticas macroscópicas da gônada. As gônadas foram fixadas com solução de Bouin ou de Karnovsky por 48h e depois transferidas para álcool 70%. As gônadas foram desidratadas em etanol e incluídas em historesina. Os cortes foram corados em Ácido Periódico de Schiff + Hematoxilina Férrica + Metanil Yellow. Um total de 276 fêmeas e 95 machos foi avaliado em microscopia de luz, permitindo registrar as células germinativas e caracterizar as fases reprodutivas. Estas fases mostraram que esta espécie tem sucesso reprodutivo especialmente na lagoa das Garças e no rio Baia, ainda se reproduz, porém, em menor número na lagoa dos Patos e rio Ivinheima. Esses resultados comprovam as predições iniciais sobre a importância que os aspectos reprodutivos possuem no estabelecimento de espécies invasoras. Fica evidente que a distribuição de indivíduos ao longo de todos os ambientes é um fator decisivo para sua alta abundância e dispersão, justificando sua ampla distribuição, inclusive em locais e tributários acima da planície de inundação, como no rio Paranapanema e ambientes associados.

PALAVRAS - CHAVE: fases reprodutivas, gametogênese, peixes de água doce, peixes invasores, reprodução de peixes.

GAMETOGENESIS AND REPRODUCTION OF THE INVADER *AUCHENIPTERUS OSTEOMYSTAX* (AUCHENIPTERIDAE, SILURIFORMES) ON THE UPPER PARANÁ RIVER FLOODPLAIN, BRAZIL

ABSTRACT: *Auchenipterus osteomystax* occurs in the La Plata, Tocantins and lower Amazonas rivers. This species invaded and colonized the upper Paraná River after the flooding of Guaíra Falls (Saltos de Sete Quedas) and the formation of the Itaipu Reservoir. It feeds primarily on insects, an abundant resource in the rivers and lagoons of the upper Paraná floodplain. This light microcopy-based study aims to i) characterize the female and male germ cells of the species; ii) recognize the reproductive phases of its gonads; iii) verify its reproduction sites on the upper Paraná River floodplain. Sampling was carried out in March, June, September and December of 2015, 2016, 2017 (only March and September), 2018 and 2020 (only March). Standard length (cm), total weight (g), gonad weight (g) and reproductive phase (based on macroscopic characteristics of the gonad) were recorded. The gonads were fixed in a Bouin or Karnovsky solution for 48h and later transferred to 70% alcohol. They were dehydrated in ethanol aand embedded in historesin. The sections were stained using Periodic Acid-Schiff + Iron Hematoxylin + Metanil Yellow. A total of 276 females and 95 males were evaluated under light microscopy, which enabled the recording of the germ cells and the characterization of the reproductive phases. These phases showed that the species reproduces most successfully in Garças Lagoon and the Baia River, and less successfully in Patos Lagoon and the Ivinheima River. The results confirm initial predictions about the importance of reproduction on the establishment of invasive species. It is clear that the distribution of individuals in every environment is a decisive factor for its high abundance and dispersion, explaining its wide distribution, including sites and tributaries (e.g. the Paranapanema River and associated environments) above the floodplain.
KEYWORDS: reproductive phases, gametogenesis, freshwater fish, invasive fish, fish reproduction.

1 I INTRODUÇÃO

O equilíbrio dos ecossistemas, sejam terrestres ou aquáticos, tem sido constantemente alterado devido às inúmeras pressões exercidas pela ação humana. Dentre as principais ameaças à biodiversidade, pode-se citar o desmatamento, a poluição, o aquecimento global e as altas taxas de invasão de espécies, principalmente nas regiões tropicais. Considerando os ecossistemas aquáticos, existe um enorme desafio não apenas para minimizar as invasões biológicas, mas de compreender o real impacto que as espécies invasoras causam nos habitats invadidos (SIMBERLOFF, 2000; AZEVEDO-SANTOS, 2019).

Várias são as causas que podem levar a uma invasão biológica em ambientes aquáticos, por exemplo, as práticas de peixamento, escapes de pisciculturas, eliminação de barreiras naturais ou mesmo soltura de animais antes criados em cativeiros, causando prejuízos desde ambientais a econômicos (LIMA JR *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018). Levando em consideração as características biológicas das espécies invasoras, os

parâmetros reprodutivos são primordiais, pois a chave para se estabelecer em um novo habitat é ter condições de se reproduzir e povoar o novo ambiente.

O alto rio Paraná (UPPER PARANA Ecoregion, *sensu* ABELL *et al.*, 2008) sofreu uma massiva invasão de espécies após a construção do reservatório de Itaipu (JULIO JR *et al.*, 2009) e dentre as espécies invasoras está o *Auchenipterus osteomystax* (Miranda-Ribeiro, 1918). Esta espécie foi identificada na bacia do rio La Plata como *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829) e após a revisão taxonômica recebeu o nome *A. osteomystax* (FERRARIS JR; VARI, 1999; BRITSKI *et al.*, 2007; GRAÇA; PAVANELLI, 2007; OTA *et al.*, 2018). Sua distribuição inclui as bacias dos rios de La Plata, Paraná, Paranapanema, Tocantins e baixo Amazonas (FERRARIS JR; VARI, 1999; OTA *et al.* 2018). Nesta ecorregião, essa espécie distribui-se nos rios Paraná, Ivinheima, Piquiri, Iguatemi, canais e lagoas permanentes da planície de inundação do alto rio Paraná (AGOSTINHO *et al.*, 2004) e baixo rio Paranapanema (GARCIA *et al.*, 2018).

A avaliação das estratégias e táticas reprodutivas de *A. osteomystax* na planície de inundação do alto rio Paraná mostram que tem fecundação interna, com desova parcelada e comprimento em que todos os indivíduos estão aptos a se reproduzir de 11,8 cm e com duração do período reprodutivo sazonal de setembro a novembro sendo favorecida pelo período de cheia, apresenta diâmetro máximo dos oócitos maduros de 1315,9μm e fecundidade de 14950 oócitos (VAZZOLER, 1996). Outra avaliação das táticas reprodutivas desta invasora realizada na planície de inundação do alto rio Paraná, revela que as *fêmeas alcançam* a maturidade sexual com 15,3 cm e os machos com 14,7 cm e as avaliações macroscópicas das gônadas mostram que a reprodução ocorre de outubro a dezembro, com frequência reprodutiva ≥10 e < que 30% nos rios Paraná, Ivinheima, Baia, Iguatemi e nas lagoas do Guaraná e Fechada e < que 10% nas lagoas dos Patos e Pousada das Garças (SUZUKI *et al.* 2004). A abundância avaliada de várias espécies invasoras entre 1986 a 2015 mostra que *A. osteomystax* é a sexta espécie mais abundante na planície de inundação do alto rio Paraná (TONELLA *et al.*, 2018). Os principais recursos alimentares explorados por esta invasora, no alto Paraná, são insetos terrestres e aquáticos e outros invertebrados (HAHN *et al.*, 2004). A avaliação dos hábitos alimentares no rio Paranapanema em habitats lênticos e lóticos encontraram populações planctívoras e insetívoras terrestres, respectivamente (GARCIA *et al.*, 2018). Na bacia do rio Cuiabá (área nativa) e na planície de inundação do Upper Paraná (área invasora) foi relatada uma dieta composta exclusivamente por insetos com uma especialização trófica para Ephemeroptera, um item alimentar abundante nas bacias (TONELLA *et al.*, 2018). Assim, considerando a relevância de conhecer os parâmetros e características reprodutivas das diferentes espécies, esta investigação tem por objetivo i) descrever as células germinativas de fêmeas e machos de *A. osteomystax*; ii) caracterizar as fases reprodutivas para ambos os sexos e iii) verificar, com base na avaliação gametogênese, quais são as áreas de reprodução desta espécie na planície de inundação do alto rio Paraná.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

Os indivíduos foram amostrados em três rios (Paraná 22º45'39.96"S; 53º15'7.44"W, Baía 22º43'23.16"S; 53º17'25.5"W e Ivinheima 22º47'59.64"S; 53º32'21.3"W), quatro lagoas abertas (Patos 22º49'33.66"S; 53º33''9.9"W, Guaraná 22º43'16.68"S; 53º18'9.24"W, Pousada das Garças 22º43'27.18"S; 53º13'4.56"W e Ressaco do Pau Véio 22º44'50.76"S; 53º15'11.16"W) e duas lagoas fechadas (Fechada 22º42'37.92"S; 53º16'33.06"W e Ventura 22º51'23.7"S; 53º36'1.02"W) (Fig. 1).
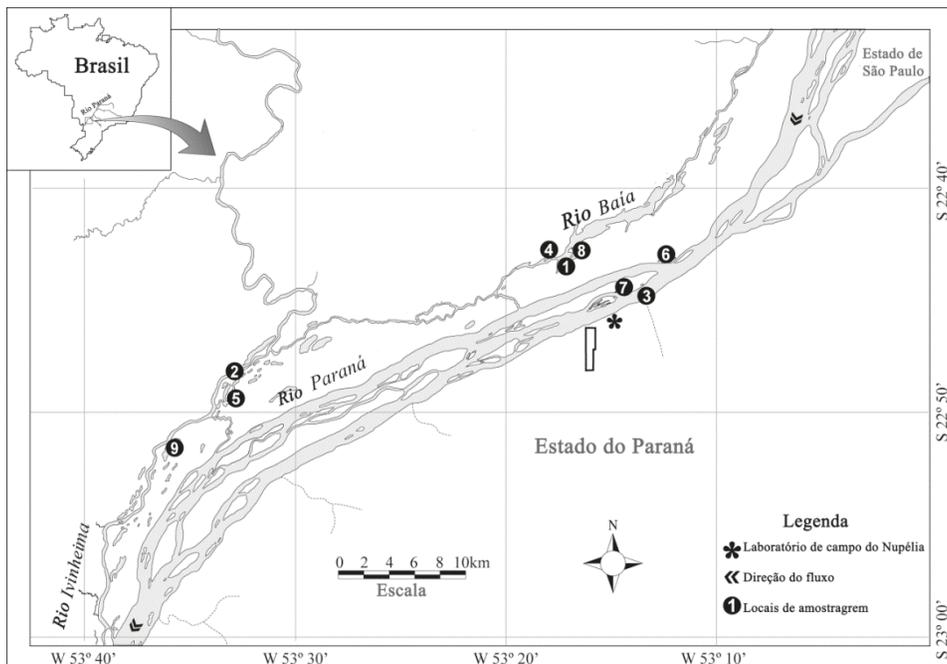
Figura 1. Áreas de amostragem de *A. osteomystax* na planície de inundação do alto rio Paraná nos subsistemas dos rios: **Ivinheima** [(lagoa dos Patos (Lpat) (5), lagoa Ventura (Lven) (9), rio Ivinheima (Rivi) (2)], **Baía** [(lagoa Fechada (Lfec) (8), lagoa do Guaraná (Lgua) (4), rio Baía (Rbai) (1)] e **Paraná** [(lagoa Pousada das Garças (Lgar) (6), lagoa do Ressaco do Pau Véio (Lpve) (7), rio Paraná (RPar) (3)].

As amostragens foram conduzidas nos meses de março, junho, setembro, dezembro de 2015, 2016, 2018, março e setembro de 2017 e março de 2020. As amostragens foram realizadas com redes de espera simples com malhagens de 2.4, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16 cm, medidas entre nós opostos e redes de espera tipo tresmalho com malhagens 6 e 8 cm. As redes ficaram expostas durante 24 h e foram inspecionadas às 8:00, 16:00 e 22:00 horas.

Os peixes vivos foram eutanasiados em solução de benzocaina, seguindo as diretrizes da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) protocolo no. 1420221018

(ID 001974). Em seguida, foram registradas para cada espécime as informações de comprimento total (cm) e comprimento padrão (cm) com um ictiômetro e peso total (g) e peso das gônadas (g) com balança de precisão de 0,01g. As fases reprodutivas de fêmeas e machos foram atribuídas de acordo com as características macroscópicas da gônada como tamanho, cor, vascularização, turgescência e visualização dos oócitos nas fêmeas e seguiram as terminologias de Brown-Peterson *et al*. (2011) para fêmeas e Quagio-Grassiotto *et al*. (2013) para machos. As gônadas foram fixadas com solução de Bouin ou solução Karnovsky por 48 horas e após foram colocadas em solução de álcool etílico 70%. As amostras das gônadas passaram por um processo de desidratação em concentrações crescentes de etanol (70 a 95%) em dois banhos por 30 minutos. Em seguida foram embebidas em uma mistura na proporção de 1:1 de (álcool etílico 95% + historesina) por 12 horas e depois incluídas e infiltradas em historesina (metacrilato glicol). Os ovários foram seccionados transversalmente e os testículos longitudinalmente a 5 μm de espessura em micrótomo. Os cortes foram corados com ácido Periódico de Schiff + Hematoxilina Férrica + Metanil Yellow (QUINTERO-HUNTER *et al*., 1991).

A terminologia e características utilizadas para descrever as células germinativas registradas na foliculogênese e oogênese seguem Grier *et al*. (2009); Quagio-Grassiotto *et al*. (2011) e Mazzoni *et al*. (2020) e da espermatogênese segue a proposta de Grier e Uribe-Aranzábal (2009).

A terminologia para a caracterização das fases reprodutivas segue as propostas de Brown-Peterson *et al.* (2011), Quagio-Grassiotto *et al.* (2013) e Mazzoni *et al.* (2020).

O número de indivíduos em diferentes fases reprodutivas foi avaliado para os ambientes da lagoa dos Patos, lagoa Ventura e rio Ivinheima; lagoa Fechada, lagoa do Guaraná e rio Baía; lagoa Pousada das Garças, lagoa do Ressaco do Pau Véio e rio Paraná.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de estudos foram amostradas 477 fêmeas e 326 machos de *A. osteomystax* e deste total foi avaliado histologicamente em nível de microscopia de luz 276 fêmeas e 95 machos.

Nos ovários de *A. osteomystax* foram registrados oogônias indiferenciadas e diferenciadas (Fig. 2A, B, C) que entraram em meiose e originaram oócitos. Os oócitos têm um núcleo que exibe um padrão distinto de organização da cromatina em diferentes fases (QUAGIO-GRASSIOTTO *et al*., 2013; MAZZONI *et al*., 2020) e foram encontrados oócitos em zigóteno, paquíteno e diplóteno (Fig. 2C, D). Os oócitos de crescimento primário apresentam o ooplasma basófilo e núcleo central cujo número de nucléolos variam (Fig. 2E, F, G) e iniciaram o desenvolvimento dos alvéolos corticais na periferia do ooplasma e formação da a zona pelúcida (Fig. 2H). Os oócitos de crescimento secundário apresentam

um aumento no número de alvéolos corticais e surgimento de glóbulos de vitelo (Fig. 2I). Os oócitos de crescimento secundário durante o processo de vitelogênese aumentam a quantidade de glóbulos de vitelo e diminuem o número alvéolos corticais (Fig. 2J, K). Os oócitos na fase de crescimento completo alcançam seu diâmetro máximo, o ooplasma é abundante em glóbulos de vitelo e agregam poucos os alvéolos corticais (Fig. 2L). Nos oócitos maduros tem um núcleo excêntrico (Fig. 2 M) e foram registrados o surgimento no polo animal de uma ou duas micrópilas (Fig. 2N). Durante o processo de ovulação apenas os *oócito*s maduros são liberados no lúmen ovariano deixando o complexo folículo pós-ovulatório (Fig. 2O). Os oócitos que não ovularem entram em atresia (Fig. 2P, Q, R).
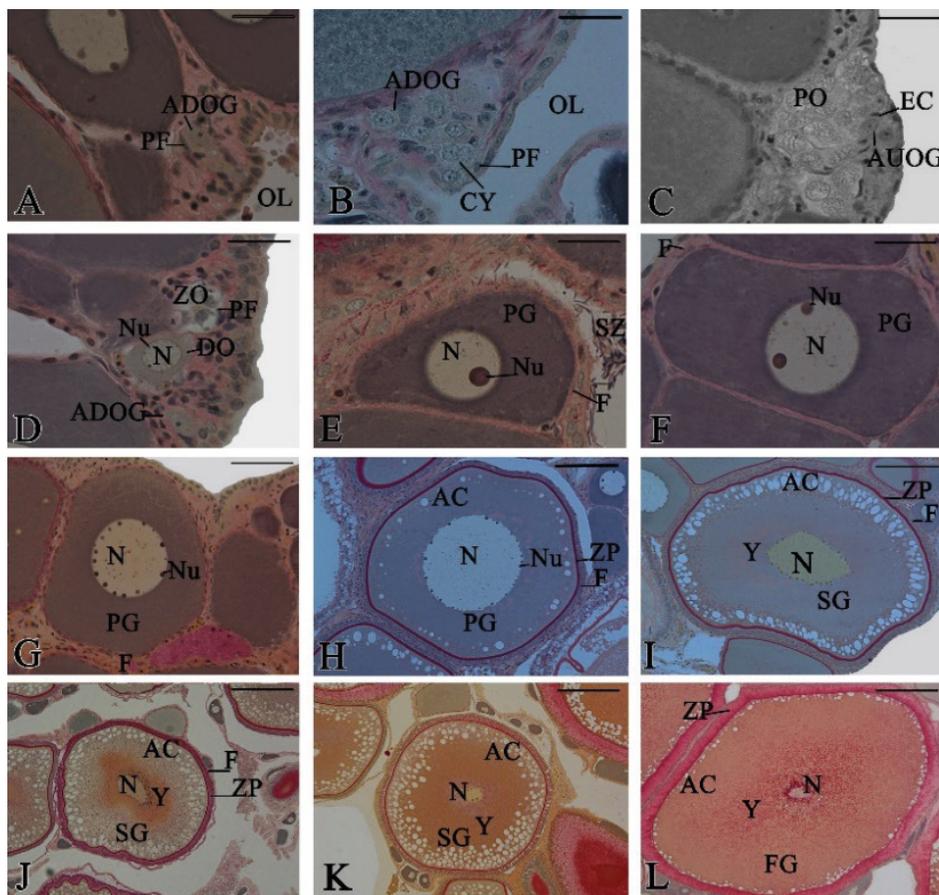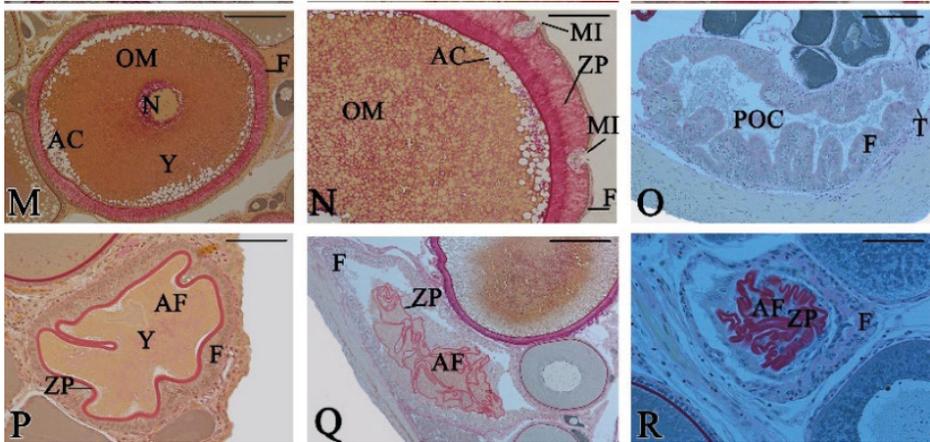
Figura 2. Células germinais registradas durante a foliculogênese (A - D) e oogênese (E - N) em *A. osteomystax*. Microscopia de luz, Ácido Periódico de Shiff (PAS)/Hematoxilina/Metanil Yellow. (**A**) Oogônia diferenciada (ADOG) isolada na borda do epitélio germinal e cercada por células pré-foliculares. (A) Barra = 25 μm. (**B**) Cisto de oogônias diferenciadas na borda do epitélio germinal. (B) Barra = 25 μm. (**C**) Oogônias indiferenciadas (AUOG) cercada por células epiteliais na borda do epitélio germinal e mais internamente cistos com oócitos em paquíteno. (C) Barra = 25 μm. (**D**) Oogônia diferenciada (ADOG) na borda do epitélio germinal, cisto de oócitos em zigóteno e um oócito em diplóteno. (D) Barra = 25 μm. (**E**) Oócito de crescimento primário com nucléolo único com ooplasma basófilo. (E) Barra = 25 μm. (**F**) Oócito de crescimento primário com múltiplos nucléolos e ooplasma basófilo. (F) Barra = 25 μm. (**G**) Oócito de crescimento primário com nucléolos perinucleolar e ooplasma basófilo. (G) Barra = 62,5 μm. (**H**) Oócito em início do crescimento secundário com núcleo com nucléolos perinucleolar, a basofilia ooplasmática diminuiu e iniciou a formação dos alvéolos corticais, a zona pelúcida e células foliculares evidentes. (H) Barra = 125 μm. (**I**) Oócito em crescimento secundário com nucléolos arranjados na face interna do núcleo irregular, ooplasma em vitelogênese inicial e aumento do número de alvéolos corticais. (I) Barra = 125 μm. (**J**) Oócito de crescimento secundário com núcleo irregular, aumento dos alvéolos corticais e em vitelogênese intermediária, a zona pelúcida e células foliculares cercam o oócito. (J) Barra = 250 μm. (**K**) Oócito de crescimento secundário com núcleo irregular e em vitelogênese avançada. (K) Barra = 250 μm. (**L**) Oócito de crescimento completo com núcleo central, ooplasma repleto de vitelo e os alvéolos corticais na periferia do ooplasma, zona pelúcida e células foliculares bem desenvolvidas. (L) Barra = 250 μm. (**M**) Oócito maduro com *núcleo excêntrico,* ooplasma preenchido com glóbulos de vitelo e a borda do ooplasma com pouco alvéolo cortical. (M) Barra = 250 μm. (**N**) Vista parcial do o*ócito* maduro com duas micrópilas e os alvéolos corticais dispõem-se na periferia do ooplasma em pequeno número. (N) Barra = 125 μm. (**O**) Após a ovulação forma-se o complexo folicular pós-ovulatório, formado por *células foliculares e teca*. (O) Barra = 125 μm. (**P, Q, R**) Folículo atrésico em processo de absorção em diferentes fases mostrando a desorganização do vitelo, zona pelúcida e camada de células foliculares. (P) Barra = 62,5 μm. (Q) Barra = 250 μm. (R) Barra = 62,5 μm. OL, lúmem ovariano; AUOG, oogônia indiferenciada; EC, célula epitelial; ADOG, oogônia diferenciada; PF, célula pré-folicular; ZO, oócito em zigóteno, PO, oócito em paquíteno; DO, oócito em diplóteno; N, núcleo; Nu, nucléolo, PG, oócito de crescimento primário; SZ, espermatozoide; AC, alvéolo cortical; F, células foliculares; ZP, zona pelúcida; Y, vitelo, SG, oócito de crescimento secundário; FG, oócito de crescimento completo; OM, oócito maduro; Mi, micrópila; T, teca; POC, complexo folicular pós-ovulatório; AF, folículo atrésico.

As fases de reprodutivas das fêmeas de *A. osteomystax* estão caracterizadas na (Tab. 1 e Figs. 3 e 4).

Fase	Características
Imaturo	Ovários pequenos repletos de oócitos de crescimento primário, oogônias e cistos de oócitos em diferentes fases da meiose, sem atresia (Fig. 3A, B, C).
Desenvolvimento	No **desenvolvimento inicial** nos ovários em expansão encontram-se oócitos de crescimento primário maiores com zona pelúcida formada (Fig. 3D, E, F). Nos ovários em **desenvolvimento avançado** são abundantes os oócitos de crescimento secundário com alvéolos corticais e vitelo (Fig. 3G, H, I). Sem oócitos de crescimento completo ou oócitos maduros e folículos pós-ovulatórios. Os folículos atrésicos podem ocorrer, porém raros.
Apto à desova	No ovário prevalecem os oócitos vitelogênicos finais, oócito de crescimento completo e oócitos maduros (Fig. 3J, K, L). Na subfase **desova ativa** registra-se oócitos maduros e folículos pós-ovulatórios com vestígios de espermatozoides (Fig. 4A, B, C).
Regressão	Ovários com folículos atrésicos e folículos pós-ovulatórios presentes (Fig. 3M, N, O), além de oócitos de crescimento primário.
Regeneração	Nesta fase prevalecem os oócitos de crescimento primário, e ocorrem folículos atrésicos e pós-ovulatórios em fase final de degeneração (Fig. 3P, Q, R).

Tabela 1. Fases reprodutivas das fêmeas de *A. osteomystax* amostradas na planície de inundação do alto rio Paraná.
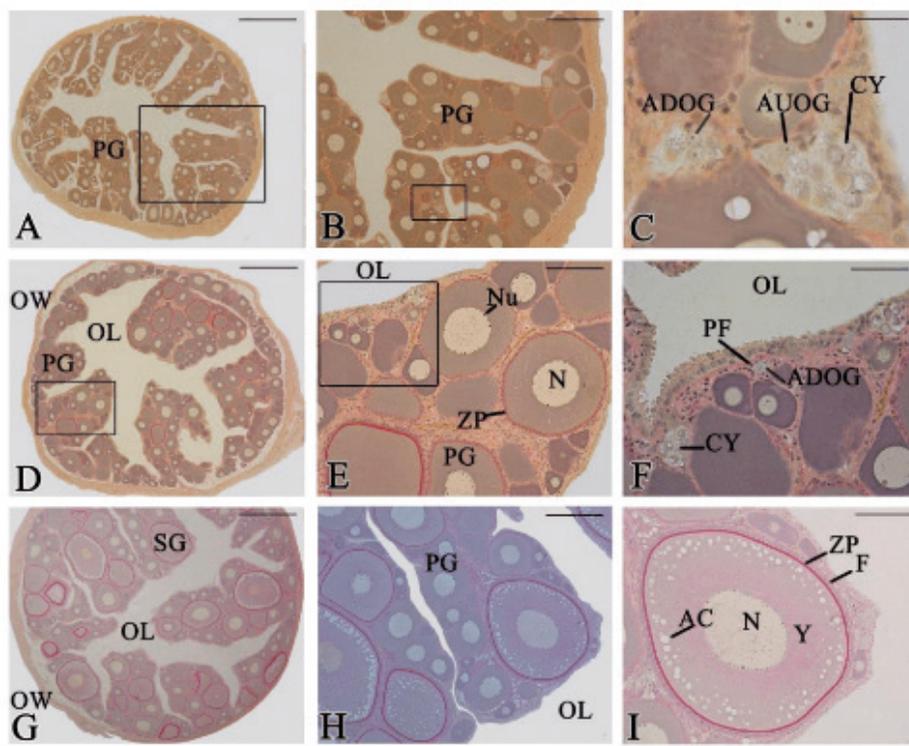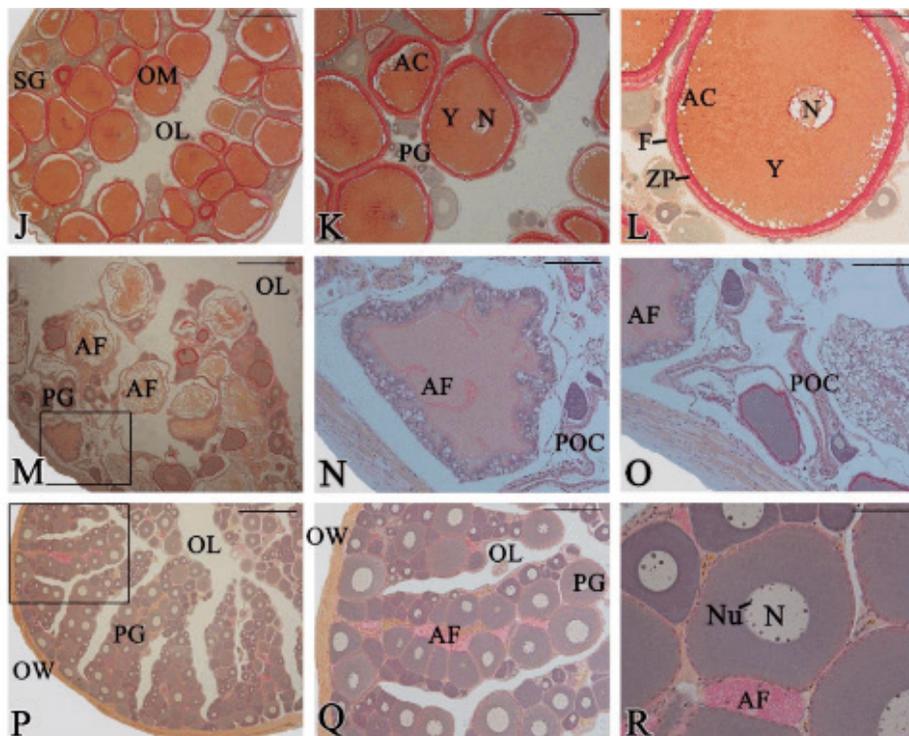
Figura 3. Fases de desenvolvimento dos ovários de *A. osteomystax*. Microscopia de luz, Ácido Periódico de Shiff (PAS)/Hematoxilina/Metanil Yellow. Fases: (**A, B, C**) **Imaturo**, repleto de oócitos de crescimento primário. (A) Barra = 615 μm. (B) Barra = 250*μm. (C)* Detalhe de cistos de oócitos em paquíteno e oogônias indiferenciadas e diferenciadas. (C) Barra = 25 μm. (**D, E, F**) **Desenvolvimento inicial**, registra-se oócitos com o desenvolvimento da zona pelúcida (F) Detalhe de oogônias diferenciadas e cistos de oogônias. (D) Barra = 615 μm. (E) Barra = 125 μm. (F) Barra = 62,5 μm. (**G, H, I**) **Desenvolvimento avançado** possui oócitos de crescimento secundário com vitelo, alvéolos corticais e zona pelúcida. (G) Barra = 615 μm. (H) Barra = 250 μm. (I) Barra = 125 μm. (**J, K, L**) **Apto à desova** com oócitos de crescimento secundário, *oócitos* de crescimento completo e oócitos maduro. (J) Barra = 1230 μm. (K) Barra = 615 μm. (L) Barra = 250 μm. (**M, N, O**) **Regressão**, mostrando o complexo pós-ovulatório e folículos em atresia. (M) Barra = 615 μm. (N) Barra = 125 μm. (O) Barra = 125 μm. (**P, Q, R**) **Regeneração**, repleta de oócitos de crescimento primário e alguns folículos atrésicos. (P) Barra = 615 μm. (Q) Barra = 250 μm. (R) Barra = 62,5 μm. OL, lúmen ovariano; PF, célula pré-folicular; ADOG, oogônia diferenciada, OW, parede ovariana; N, núcleo; Nu, nucléolo, ZP, zona pelúcida; PG, oócito de crescimento primário; AC, alvéolo cortical; F, células foliculares; Y, vitelo, SG, oócito de crescimento secundário; OM, oócito maduro; POC, complexo folicular pós-ovulatório, AF, folículo atrésico.
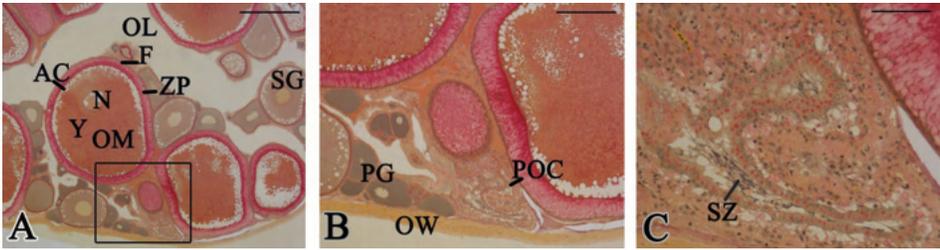
Figura 4. Fase de desenvolvimento de *A. osteomystax*. Microscopia de luz, Ácido Periódico de Shiff (PAS)/Hematoxilina/Metanil Yellow. (**A, B, C**) Subfase **desova ativa**, com oócitos maduros e folículo pós-ovulatório com vestígios de espermatozoides. (A) Barra = 615 μm. (B) Barra = 250 μm. (C) Barra = 62,5 μm. OL, lúmen ovariano; OW, parede ovariana; N, núcleo; PG, oócito de crescimento primário; AC, alvéolo cortical; ZP, zona pelúcida; F, células foliculares; Y, vitelo, SG, oócito de crescimento secundário; OM, oócito maduro; SZ, espermatozoide; POC, complexo folicular pós-ovulatório.

Durante a espermatogênese em todos os teleósteos, as espermatogônias estão associadas com as células de Sertoli (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009). As espermatogônias primárias envoltas pelas *células de* Sertoli (Fig. 5A) proliferam mitoticamente, e originam as espermatogônias secundárias que são menores e cercadas pelas células de Sertoli (Fig. 5B) se organizam e formam cistos (Fig. 5G). No interior dos cistos as espermatogônias secundárias passam por meiose e formam espermatócitos primários (Fig. 5 C, G) que após completar a primeira divisão da meiose (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009) formam os espermatócitos secundários (Fig. 5D, G). Nos cistos os espermatócitos secundários se dividem e formam as espermátides (Fig. 5E, G) que se diferenciam por um processo de espermiogênese (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; QUAGIO-GRASSIOTTO *et al*., 2013) e formam-se os espermatozoides (Fig. 5F, G).
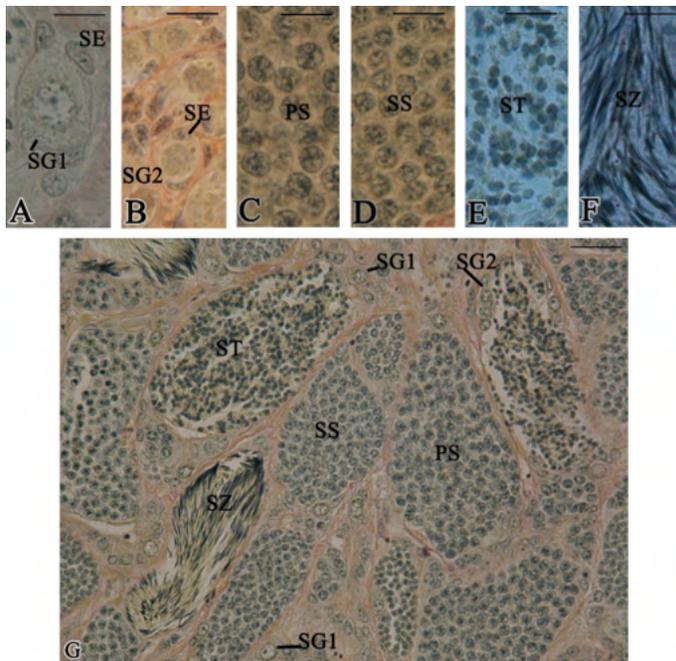
Figura 5. Microfotografia de luz da espermatogênese dos machos de *A. osteomystax*. (**A**) Espermatogônia primária são únicas e as maiores células germinais, com um núcleo central, esférico, ooplasma granular e cercado de células de Sertoli formando cistos de espermatogônias. (**B**) Espermatogônia secundária em grupos, são células esféricas, menores que as espermatogônias primárias e são cercadas pelas células de Sertoli. (**C**) Espermatócitos primários são células esféricas, com tamanhos levemente menores que as espermatogônias secundárias e sem as células de Sertoli. (**D**) Espermatócitos secundários são esféricos e levemente menores que os espermatócitos primários. (**E**) Espermátides são esféricas na forma e menores que os espermatócitos secundários, não se dividem e se diferenciam em espermatozoides. (**F**) Espermatozoides com o flagelo visível. (**G**) Visão geral das células germinativas nos cistos dos túbulos seminíferos. SG1 = espermatogônia primária; SG2 = espermatogônia secundária; SE = células de Sertoli; PS = espermatócitos primário; SS = espermatócitos secundário; ST = espermátides; SZ = espermatozoides. (A – F) Barra = 25 μm. (G) Barra = 62,5.

As fases reprodutivas dos machos de *A. osteomystax* estão registradas na (Tab. 2 e Fig. 6).

Fase	Características
Imaturo	Testículo pequeno e repleto de espermatogônias e o lúmen dos túbulos não é visível (Fig. 6A, B, C).
Desenvolvimento	Testículo em **desenvolvimento inicial,** através do processo de espermatogênese registram-se túbulos com cistos contendo espermatogônias primárias e secundárias, espermatócitos primários e secundários abundantes e início da formação de espermatozoides (Fig. 6D, E, F). Em fase de **desenvolvimento avançada,** os cistos são abundantes em espermatozoides (Fig. 6G, H, I).
Apto a liberar esperma	O lúmen dos túbulos seminíferos é repleto de espermatozoides (Fig. 6J, K, L).
Regressão	O lúmen dos túbulos tem poucos espermatozoides (Fig. 6M, N, O).

Regeneração	O lúmen dos túbulos seminíferos está vazio e inicia-se a proliferação de espermatogônias e formação de espermatócitos primários (Fig. 6P, Q, R).

Tabela 2. Fases reprodutivas dos machos de *A. osteomystax* amostrados na planície de inundação do alto rio Paraná.
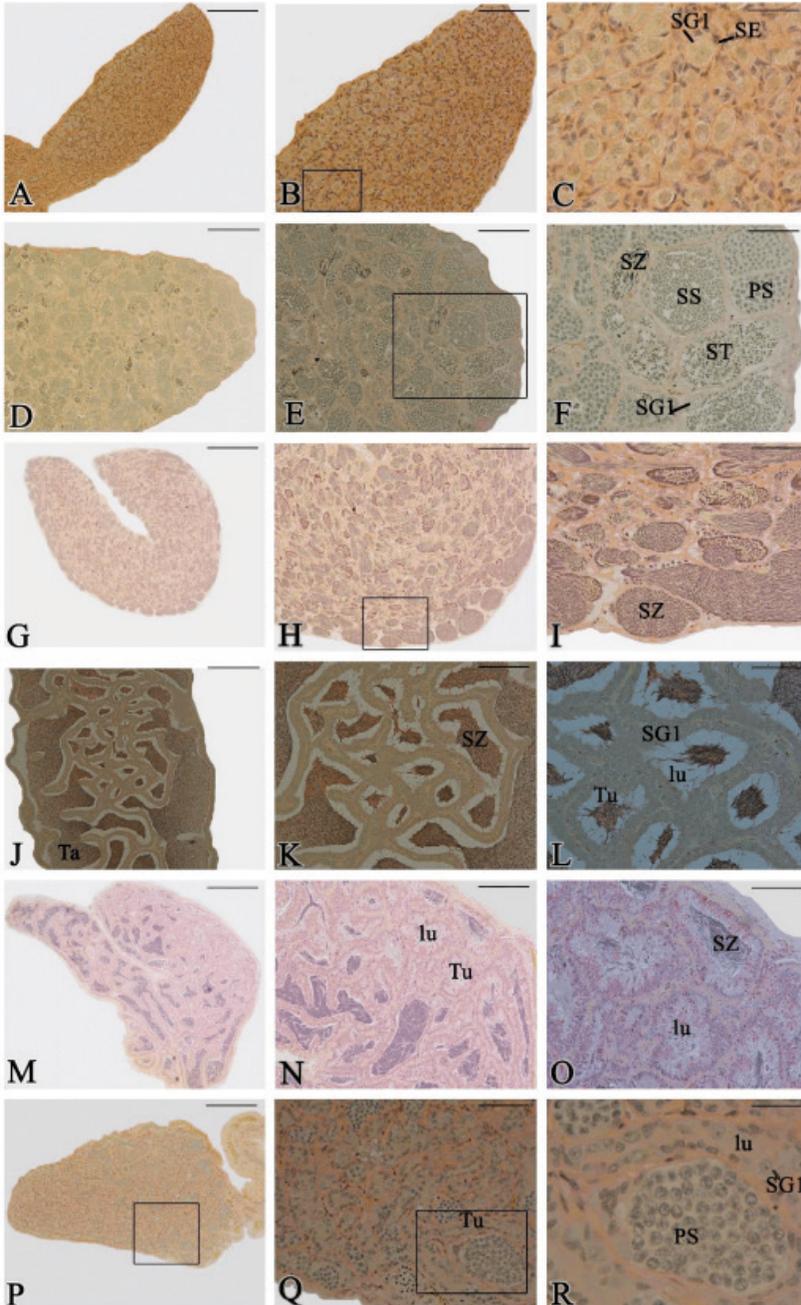
Figura 6. Células germinais registradas durante a espermatogênese nos testículos de *A. osteomystax*. Microscopia de luz, Ácido Periódico de Shiff (PAS)/Hematoxilina/ Metanil Yellow. (**A, B, C**) **Imaturo**,

os túbulos não são visíveis, mas estão repletos de espermatogônias. (A) Barra = 125 μm. (B) Barra = 62,5 μm. (C) Barra = 25 μm. (**D, E, F**) **Desenvolvimento inicial**, túbulos repletos de espermatócitos primários, secundários, espermátides e inicia-se a formação de espermatozoides. (D) Barra = 250 μm. (E) Barra = 125 μm. (F) Barra = 62,5 μm. (**G, H, I**) **Desenvolvimento avançado**, os cistos estão repletos de espermatozoides. (G) Barra = 615 μm. (H) Barra = 250 μm. (I) Barra = 62,5 μm. (**J, K, L**) **Apto a liberar esperma**, os túbulos seminíferos são anastomosados e repletos de espermatozoides. (J) Barra = 250 μm. (K) Barra = 125 μm. (L) Barra = 62,5 μm. (**M, N, O**) **Regressão**, os túbulos tem o lúmen vazio ou com poucos espermatozoides. (M) Barra = 615 μm. (N) Barra = 250 μm. (O) Barra = 125 μm. (**P, Q, R**) **Regeneração**, os túbulos seminíferos com o lúmen vazio. (P) Barra = 250 μm. (Q) Barra = 62,5 μm. (R) Barra = 25 μm. SG1 = espermatogônia primária; SE = células de Sertoli; PS = espermatócitos primários; SS = espermatócitos secundários; ST = espermátides; SZ = espermatozoides; Tu = Túbulo seminífero; lu = lúmen; Ta = Túbulos anastomosados.

A caracterização das fases reprodutivas de fêmeas e machos *A. osteomystax* permitiram avaliar a atividade reprodutiva nos diferentes ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (Fig. 7). Verifica-se a ocorrência desta espécie em todos os locais de amostragem. A reprodução é mais intensa na lagoa das Garças, no rio Baia e ainda ocorre na lagoa dos Patos e rio Ivinheima (Fig. 7). A maior quantidade de jovens foi encontrada na lagoa das Garças e rio Ivinheima.
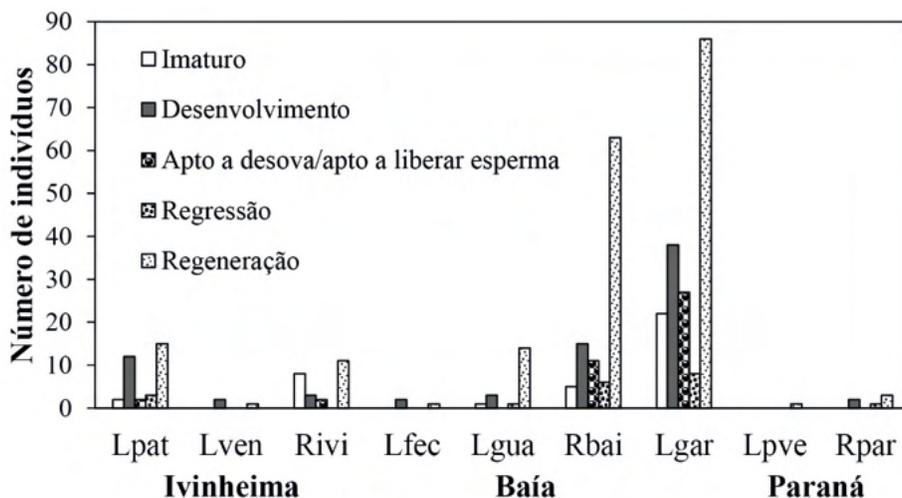
Figura 7. Número de machos e fêmeas em diferentes fases de desenvolvimento gônadal de *A. osteomystax* nos subsistemas dos rios: **Ivinheima** [(lagoa dos Patos (Lpat), lagoa Ventura (Lven), rio Ivinheima (Rivi)], **Baía** [(lagoa Fechada (Lfec), lagoa do Guaraná (Lgua), rio Baía (Rbai)] e **Paraná** [(lagoa das Garças (Lgar), lagoa do Pau Véio (Lpve), rio Paraná (RPar)].

A maioria dos teleósteos tem um ciclo anual reprodutivo bem definido. A morfologia do epitélio germinal dos ovários e testículos muda durante o ciclo reprodutivo anual refletindo a sazonalidade reprodutiva (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; QUAGIO-GRASSIOTTO *et al*., 2013). As alterações gonadais através da renovação das células germinativas, sua diferenciação, desenvolvimento, maturação e liberação dos gametas caracterizam

diferentes fases reprodutivas. Assim, o reconhecimento destas fases é importante para compreender com acurácia a estrutura reprodutiva da espécie para poder avaliar a reprodução. A captura desta espécie exótica nesta região da área de proteção ambiental com reprodução em ambientes lóticos (rios Baia e Ivinheima) e lênticos (lagoas das Garças e dos Patos) assim como o registro de jovens imaturos nestes ambientes mostra sucesso de reprodução ao longo dos anos de avaliação.

Esta espécie de curta migração, fertilização interna, insetívora, *não possui* restrição por ambientes lênticos ou lóticos para se reproduzir ao longo destes anos tornou-se constituinte da fauna com sucesso reprodutivo, proliferou-se e migrou para rios acima no alto rio Paraná, como o rio Paranapanema e outros tributários.

Esses resultados comprovam as predições iniciais sobre a importância que os aspectos reprodutivos possuem no estabelecimento de espécies invasoras. Fica evidente que a distribuição de indivíduos ao longo de todos os ambientes é um fator decisivo para sua alta abundância e dispersão, justificando sua ampla distribuição, inclusive em locais e tributários à montante da planície de inundação, como no rio Paranapanema e ambientes associados.

O potencial impacto que *A. osteomystax* pode causar sobre o restante das espécies ainda é vago, mas uma vez que sua capacidade reprodutiva é alta, pode-se prever que há uma grande possibilidade de dominância em números de indivíduos em vários ambientes, com um grande poder competitivo junto às espécies nativas. Nesse sentido, essa competição pode ser tanto por locais de crescimento, reprodução ou alimentar, com claros prejuízos para indivíduos que possuem ciclo reprodutivo similar, como muitas espécies que habitam a planície de inundação do alto rio Paraná (VAZZOLER, 1996).

Finalmente, esses resultados reforçam o grande desafio que a comunidade acadêmica possui em conhecer melhor as espécies e ambientes, para que medidas efetivas de mitigação possam ser implementadas. Monitoramentos contínuos, como os Estudos Ecológicos de Longa Duração (PELD), que têm sido realizados ao longo dos anos na área estudada, são fundamentais para essa compreensão e percepção de como os serviços ecossistêmicos são impactados a longo prazo pelas diversas ações antrópicas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a coordenadora do PELD professora Claudia Costa Bonecker pelo suporte financeiro parcial; aos pesquisadores e técnicos do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura pelo suporte técnico em campo; aos professores Eder Paulo Belato Alves (coordenador de área), Marli Aparecida Defani (Chefe) e aos representantes do Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Estadual de Maringá pelo apoio com equipamentos. A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá (PPG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de Iniciação Científica no Ensino Médio concedidas aos acadêmicos Ana Luiza Faria Bernardes e Arthur Henrique de Sousa Antunes.

REFERÊNCIAS

ABELL, R., THIEME, M.L., REVENGA, C., BRYER, M., KOTTELAT, M., BOGUTSKAYA, N., COAD, B., MANDRAK, N., BALDERAS, S.C., BUSSING, W., STIASSNY, M.L.J., SKELTON, P., ALLEN, G.R., UNMACK, P., NASEKA, A., NG, R., SINDORF, N., ROBERTSON, J., ARMIJO, E., HIGGINS, J.V., HEIBEL, T.J., WIKRAMANAYAKE, E., OLSON, D., LÓPEZ, H.L., REIS, R.E., LUNDBERG, J.G., SABAJ PÉREZ, M.H., PETRY, P. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. **Bioscience**, v. 58, p. 403–414, 2008. doi:10.1641/B580507

AGOSTINHO, A.A.; BINI, L.M.; GOMES, L.C.; JÚLIO JR, H.F.; PAVANELLI, C.S.; AGOSTINHO, C.S. Fish assemblages. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation.** Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 223-246.

AZEVEDO-SANTOS, V.M.; FREDERICO, R.G.; FAGUNDES, C.K.; POMPEU, P.S.; PELICICE, F.M.; PADIAL, A.A.; NOGUEIRA, M.G.; FEARNSIDE, P.M.; LIMA, L.B.; DAGA, V.S.; OLIVEIRA, F.J.M.; VITULE, J.R.S.; CALLISTO, M.; AGOSTINHO, A.A.; ESTEVES, F.A.; LIMA-JUNIOR, D.P.; MAGALHÃES, A.L.B.; SABINO, J.; MORMUL, R.P.; GRASEL, D.; ZUANON, J.; VILELLA, F.S.; HENRY, R. Protected areas: a focus on Brazilian freshwater biodiversity. **Diversity and Distributions**, v. 25, n. 3, p. 442-448, 2019. doi: doi.org/10.1111/ddi.12871

BROWN-PETERSON, N.J.; WYANSKI, D.M.; SABORIDOREY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S.K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science, Bethesda, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011. doi: doi.org/10.1080/19425120.2011.555724

BRITSKI, H.A.; SILIMON, K.Z. de S. de; LOPES, B.S. **Peixes do Pantanal: manual de identificação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 230 p.

FERRARIS, JR C.J.; VARI, R.P. The South American catfish genus *Auchenipterus* Valenciennes, 1840 (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae): monophyly and relationships, with a revisionary study. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 126, n. 4, p. 387-450, 1999. doi: doi.org/10.1111/j.1096-3642.1999.tb00156.x

GARCIA, D.A.Z.; VIDOTTO-MAGNONI, A.P.; ORSI, M.L. Diet and feeding ecology of non-native fishes in lentic and lotic freshwater habitats. **Aquatic Invasions**, v. 13, n. 4, p. 565–573, 2018. doi: 10.3391/ai.2018.13.4.13

GRAÇA, W.J. da; PAVANELLI, C.S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007. 241 p.

HAHN, N.S.; FUGI, R.; ANDRIAN, I.F. Trophic ecology of the fish assemblages. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Ed.). **The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation.** Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 247-259.

JULIO JR., H.F.; DEI TOS, C.; AGOSTINHO, A.A.; PAVANELLI, C.S. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. **Neotropical Ichthyology**, Maringá, v. 7, n. 4, p. 709-718, 2009. doi: DOI.ORG/10.1590/S1679-62252009000400021

OTA, R.R., DEPRA, G. de C., GRAÇA, W.J., PAVANELLI, C.S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annoted and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, p.1-111, 2018. doi:10.1590/1982-0224-20170094.

SUZUKI, H.I.; VAZOLLER, A.E.A. de M.; MARQUES, E.E.; LIZAMA, M. de los A.P.; INADA, P. Reproductive ecology of the fish assemblages. In: THOMZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Ed.). **The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation.** Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 271-291.

TONELLA, L.H.; FUGI, R.; VITORINO JR, O.B.; SUZUKI, H.I.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO A.A. Importance of feeding strategies on the long-term success of fish invasions. Hydrobiologia, v. 817, n. 1, p. 239-252, 2018. doi: doi.org/10.1007/s10750-017-3404-z

GRIER, H.J.; URIBE-ARANZÁBAL, M.C. The testis and spermatogenesis in Teleosts. In: JAMIESON, B.G.M. (Ed). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony Fishes): phylogeny, reproductive system viviparity, spermatozoa**. Enfield: Science Publisher, 2009. p.119-142.

GRIER, H.J.; URIBE-ARANZÁBAL, M.C.; PATIÑO, R. The ovary, folliculogenesis, and oogêneses in teleosts. In: JAMIESON, B.G.M. (Ed.). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony Fishes): phylogeny, reproductive system viviparity, spermatozoa**. Enfield: Science Publisher, 2009. p.25-84.

LIMA JR, D.P.; MAGALHÃES, A.L.B.; PELICICE, F.M.; VITULE, J.R.S.; AZEVEDO-SANTOS, V.M.; ORSI, M.L.; SIMBERLOFF, D.; AGOSTINHO, A.A. Aquaculture expansion in Brazilian freshwaters against the Aichi Biodiversity Targets. **Ambio**, v. 47, p. 427-440, 2018. doi: doi.org/10.1007/s13280-017-1001-z

MAZZONI, T.S., BOMBARDELLI, R.A., QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Reproductive biology of neotropical fishes: a guide to identification to the gonadal morphology during the reproductive cycle of catfish *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae). **Aquatic Science and Technology**, v.8, n.2, p.15-34, 2020. doi: 10.5296/ast.v8i2.17102

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; GRIER, H.; MAZZONI, T.S.; NOBREGA, R.H.; AMORIM, J.P. de A. Activity of the ovarian germinal epithelium in the freshwater catfish, *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Ostariophysi: Siluriformes): germline cysts, follicle formation and oocyte development. **Journal of Morphology**, v. 272, p.1290-1306, 2011. doi: doi.org/10.1002/jmor.10981

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDNER, D.D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 2, p.181-191, 2013.

QUINTERO-HUNTER, I.; GRIER, H.; MUSCATO, M. Enhancement of histological detail using metanil yellow as counterstain in periodic acid Schiff's hematoxylin staining of glycol methacrylate tissue sections. **Biotechnic & Histochemistry**, v.66, n.4, p.169-172, 1991. doi: doi.org/10.3109/10520299109109964

RIBEIRO, V.R.; GUBIANI, E.A.; CUNICO, A.M. Occurrence of non-native fish species in a neotropical river under the influence of aquaculture activities. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n.1, p. 80-90, 2018. doi: 10.20950/1678-2305.2018.288.

SIMBERLOFF, D. Biological invasions: how are They affecting us, and what can we do about them? **Western North American Naturalist**, v. 61, n. 3, p. 308-315, 2001.

VAZZOLER, A.E.A. de M. Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM/SBI/CNPq/NUPELIA, 1996. 169 p., il.

CAPÍTULO 6

INFLUÊNCIA DA ESTAÇÃO REPRODUTIVA SOBRE A QUALIDADE SEMINAL DE TAMBAQUI E DE PIRAPITINGA

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 05/09/2021

Mônica Aline Parente Melo Maciel
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/2786691790286612

Carminda Sandra Brito Salmito Vanderley
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/3415249014153800

Jordana Sampaio Leite
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/9531596627991299

Felipe Silva Maciel
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/1796785917524623

RESUMO: O tambaqui e a pirapitinga são peixes Characiformes, reofílicos, de interesse econômico que podem ser manejados para a reprodução em cativeiro. No entanto, para que haja um controle e sucesso na reprodução desses animais, são necessários conhecimentos básicos sobre a qualidade seminal em animais de cativeiro. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi verificar se há influência da estação reprodutiva sobre as características físicas, químicas, cinéticas e bioquímicas do sêmen dessas espécies. Além disso, objetivou-se correlacionar as variáveis do sêmen de ambas as espécies. Nove machos de tambaqui e 12 de pirapitinga foram induzidos à espermiação com extrato hipofisário de carpa em dois períodos: dentro e fora da estação reprodutiva. Após a coleta do sêmen de ambas as espécies, foram avaliados os parâmetros físicos e químicos como: concentração, volume, pH e osmolaridade; os parâmetros cinéticos: motilidade, velocidade curvilinear (VCL), velocidade em linha reta (VSL), velocidade média do percurso (VAP) utilizando um software Sperm Class Analyzer; e a bioquímica do plasma: glicose, frutose, triglicerídeo, cálcio (Ca^{2+}) e cloretos (Cl^{-}) utilizando kits comerciais. Houve uma redução significativa ($p<0,05$) do volume seminal e da VSL espermática para tambaqui fora da estação reprodutiva. As concentrações de triglicerídeos foram significativamente inferiores ($p<0,05$) dentro da estação reprodutiva para ambas as espécies e a concentração de glicose foi significativamente inferior ($p<0,05$) fora da estação reprodutiva para a pirapitinga. Em relação aos parâmetros físicos, químicos, cinéticos e bioquímicos do sêmen de tambaqui e pirapitinga, houve correlação apenas dos parâmetros cinéticos entre si em ambas as espécies (VSLxVAP e VSLxVCL). Dessa forma, pode-se concluir que os semens de tambaqui e de pirapitinga sofrem variação estacional, sendo o tambaqui a espécie mais afetada.

PALAVRAS - CHAVE: Sêmen. Sazonalidade. Reprodução. *Piaractus brachypomus. Colossoma macrompomum.*

INFLUENCE OF THE BREEDING SEASON ON THE SEMINAL QUALITY OF TAMBAQUI AND PIRAPITINGA

ABSTRACT: Tambaqui and pirapitinga are fish Characiformes, rheophilic, of economic interest that can be managed for captive breeding. However, for there to be a control and success in the reproduction of these animals, basic knowledge about the seminal quality in captive animals is necessary. Thus, the objective of this study was to verify if there is influence of the reproductive season on the physical, chemical, kinetic and biochemical characteristics of the semen of such species. In addition, it was aimed to correlate such semen variables of both species. Nine tambaqui and 12 pirapitinga males were induced to sperm with pituitary carp extract in two moments: in reproductive season and non-reproductive season. After semen collection of both species, were evaluated the physical and chemical parameters such as concentration, volume, pH, osmolarity; the following parameters kinetic: motility, curvilinear velocity (VCL), straight line velocity (VSL), mean velocity (VAP) using the Sperm Class Analyzer; and plasma biochemistry: glucose, fructose, triglyceride, calcium (Ca^{2+}) and chlorides (Cl^-) using commercial kits. There was a significant reduction ($p<0.05$) in seminal volume and sperm VSL for tambaqui in the non-reproductive season. Triglyceride concentrations were significantly lower ($p <0.05$) in the breeding season for both species. The glucose concentration was significantly lower ($p<0.05$) in the non-reproductive season for pirapitinga. In relation to the physical, chemical, kinetic and biochemical parameters of tambaqui and pirapitinga semen's, only kinetic parameters were correlated in both species (VSLxVAP and VSLxVCL). Thus, it can be concluded that the semen of tambaqui and pirapitinga undergoes seasonal variation, being tambaqui the species most affected.

KEYWORDS: Semen. Seasonality. Reproduction. *Piaractus brachypomus. Colossoma macrompomum.*

1 I INTRODUÇÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) e a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) são teleósteos, da ordem Characiformes. São peixes reofílicos, têm hábitos onívoros, boa qualidade de carne e conversão alimentar, docilidade, resistência a doenças, mostrando assim, excelentes condições de cultivo (RAMIREZ-MERLANO et al., 2011; ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005).

Segundo Lowe-McConnel (1975), os teleósteos de regiões tropicais e subtropicais possuem estreita relação entre o período reprodutivo e as estações chuvosas. O tambaqui e pirapitinga se comportam dessa forma e se reproduzem entre novembro e março, período das cheias dos rios (VIEIRA et al., 1999; HERNANDEZ, 1994). Diferenças sazonais são refletidas na qualidade da água, na capacidade do animal de se alimentar e na maturidade sexual, os quais podem afetar as variáveis seminais mesmo em condições de cativeiro (NASCIMENTO et al., 2010).

As principais variáveis observadas nas amostras de sêmen são volume, pH, osmolaridade, concentração espermática e motilidade espermática subjetiva (MELO-MACIEL et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016). Além dessas variáveis, a composição do

plasma seminal tem influência sobre a qualidade do sêmen (BOZKURT et al., 2011) e um importante papel no metabolismo, na sobrevivência e na motilidade espermática (BILLARD et al., 1995). Além disso, alguns autores relatam que a composição do plasma seminal está sujeita a variações sazonais (ARAMLI; KALBASSI; NAZARI, 2013; LEITE et al., 2018).

Apesar da importância natural e econômica dessas espécies, existem poucos trabalhos sobre sua biologia reprodutiva e nenhum trabalho que avalie a composição bioquímica do plasma seminal e se há influência da estação reprodutiva sobre o sêmen de ambas as espécies. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi observar a influência da estação reprodutiva sobre os aspectos físicos e químicos do sêmen, cinética espermática e a composição bioquímica do plasma seminal de ambas as espécies e verificar se há correlação entre tais parâmetros.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de Sêmen

Nove machos de tambaqui *(C. macropomun)* e 12 de pirapitinga (*P. brachypomus)* que apresentavam liberação de sêmen após leve pressão abdominal foram selecionados de tanques do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) na cidade de Pentecoste-Ceará, Brasil. Esse trabalho foi aprovado pelo CEUA (Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará) com protocolo número 11518754-5/74 (*C. macropomun*) e 1278971-1 (*P. brachypomus*).

Os machos receberam dose única (2 mg/kg de peso corporal) por via intracelomática de extrato hipofisário de carpa (LEITE et al., 2013). Após 448 horas-grau, os animais foram anestesiados em uma solução a base de óleo de cravo (MYLONAS et al., 2005). A papila urogenital foi cuidadosamente seca e o sêmen foi coletado com o uso de seringas para evitar contaminação com água, urina, sangue ou fezes. A coleta seminal foi realizada em temperatura ambiente (27-29 °C) e, logo após a coleta, os tubos contendo o sêmen foram colocados em caixa térmica com gelo (5 °C) e os animais foram devolvidos ao tanque. As coletas ocorreram em fevereiro (dentro da estação reprodutiva/período chuvoso) e em agosto (fora da estação reprodutiva/período de seca) (FARIAS et al., 1999).

Imediatamente após essa etapa, uma alíquota de cada amostra de sêmen foi colocada sobre lâmina e avaliada com auxílio de microscópio de luz (100x de magnificância). A motilidade espermática (autoativação) observada foi atribuída a contaminação por urina ou água e a amostra foi descartada. A motilidade foi estimada subjetivamente como a porcentagem de espermatozoides móveis. Amostras selecionadas de tambaqui (n = 9) e pirapitinga (n=12) foram ativadas com solução de ativação (água do tanque) a uma taxa de diluição final de 1:50 (sêmen:solução de ativação; v:v). Todas as amostras de sêmen utilizadas neste estudo tinham, no mínimo, 80% de motilidade espermática.

2.2 Análise dos Parâmetros Físicos e Químicos do Sêmen

Os parâmetros analisados nas amostras de sêmen foram o volume (mL), diretamente observado nos tubos graduados; osmolaridade do plasma seminal (mOsm/kg), mensurado em osmômetro digital de refrigeração Peltier; concentração (número de espermatozoides por mL) diluindo as amostras em solução de citrato formolizada a 4% e analisando em câmera hematocitométrica de Neubauer. O pH do sêmen foi mensurado por meio do uso de fitas colorimétricas.

2.3 Análise Cinética dos Espermatozoides

Os parâmetros cinéticos dos espermatozoides observados foram: taxa de motilidade (%), velocidade curvilinear (VCL, mm/s), velocidade de linha reta (VSL, mm/s) e velocidade média do percurso (VAP, mm/s). Estes parâmetros foram capturados após a adição de solução de ativação usando 2 mL de cada amostra de sêmen diluído em 100 mL de NaCl 50 mM (100 mOsm/kg) em uma câmara de Makler e avaliadas sob microscópio óptico (400x), utilizando o Sperm Class Analyzer (SCA; Microptics, Espanha). O espermatozoide foi considerado imóvel quando a velocidade foi < 10 mm/s.

2.4 Análise da Composição Bioquímica do Plasma Seminal

O plasma seminal foi coletado após centrifugação (5810r, Eppendorf, Alemanha) a 2500g/15min a 4°C e armazenado em tubos eppendorf a -80°C até o início das análises. As concentrações de glicose, triglicerídeo, frutose, cálcio (Ca^{2+}) e cloretos (Cl^-) do plasma seminal foram mensuradas por espectrofotometria (SP-22, Biospectro) usando procedimento colorimétrico através de kits de análise comercial (Labtest, Liquiform, Brasil) seguindo as recomendações do fabricante. As análises foram realizadas em duplicata.

2.5 Análise Estatística

Para cada parâmetro físico, químico, cinético e bioquímico avaliado, foram calculadas as médias dos resultados de cada amostra e estas foram avaliadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. As médias obtidas para triglicerídeos e glicose foram submetidas à normalização por radiciação e transformação logarítmica, respectivamente. Após normalização, as médias para cada parâmetro avaliado foram comparadas dentro e fora da estação reprodutiva com uso do teste T de Student, com nível de significância de 5%. As associações entre os parâmetros bioquímicos (concentração de Ca^{2+}, Cl^-, triglicerídeos, glicose e frutose no plasma seminal), os parâmetros físicos e químicos do sêmen (pH, osmolaridade, volume e concentração) e espermáticos (motilidade, VCL, VSL e VAP) foram analisadas pelo teste de Correlação de Pearson ao nível de significância de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas com uso do programa estatístico Systat 12 para Windows®.

3 | RESULTADOS

Os resultados dos aspectos físicos, químicos, cinéticos e bioquímicos do sêmen de tambaqui dentro e fora da estação reprodutiva estão apresentados na Tabela 1. Comparado o período dentro e fora da estação reprodutiva, o volume do sêmen de tambaqui foi significativamente menor fora da estação reprodutiva, assim como a VSL e a concentração de Cl^-. Já a concentração de triglicerídeo foi significativamente menor dentro da estação reprodutiva.

Características	Parâmetro	Dentro da ER	Fora da ER
Físicas e químicas	pH	8,500±0,433[a]	8,389±0,417[a]
	Osmolar. (Osm/kg)	323,111±48,940[a]	313,333±16,194[a]
	Volume (mL)	3,556±1,230[a]	2,233±0,49[b]
	Concentração ($x10^9$)	5,564±2,677[a]	5,278±1,815[a]
Cinéticas	Motili. Objetiva (%)	94,633±2,628[a]	96,656±3,160[a]
	VCL (mm/s)	108,839±10,824[a]	106,460±23,251[a]
	VSL (mm/s)	69,037±7,744[a]	41,552±9,055[b]
	VAP (mm/s)	98,683±10,610[a]	86,819±20,580[a]
Bioquímicas	Ca^+ (mg/dl)	3,897±1,807[a]	5,632±1,696[a]
	Cl^- (mEq/L)	123,271±6,975[a]	112,407±2,613[b]
	Triglicerídeo (mg/dl)	45,380±9,962[b]	87,826±35,917[a]
	Frutose (mg/dl)	13,093±5,657 [a]	11,427±7,033[a]
	Glicose (mg/dl)	3,077±1,251 [a]	5,348±7,767[a]

Tabela 1 - Características físicas, químicas, cinéticas e bioquímicas do sêmen de tambaqui dentro e fora da estação reprodutiva (ER).

Obs: letras minúsculas diferentes entre estações (dentro e fora) em um mesmo parâmetro, diferem estatisticamente ($p<0,05$). ER = Estação reprodutiva

Os resultados dos aspectos físicos, químicos, cinéticos e bioquímicos do sêmen de pirapitinga dentro e fora da estação reprodutiva estão apresentados na tabela 2. Não houve influência da estação reprodutiva sobre as características físicas, químicas e cinéticas do sêmen de pirapitinga. A concentração de triglicerídeos foi significativamente menor dentro da estação reprodutiva, assim como para tambaqui. Já a glicose apresentou concentrações significativamente menores fora da estação.

Após realizada a correlação de Pearson entre todos os parâmetros (físicos, químicos, cinéticos e bioquímicos do sêmen de pirapitinga e de tambaqui) foi observado que houve correlação apenas entre os parâmetros cinéticos. Foi observada uma correlação significativa ($p<0,05$) alta e positiva entre VCL x VAP ($r = 0,914$ e $r = 0,940$ para pirapitinga

e tambaqui, respectivamente) e VSL x VAP (r=0,749 e r=0,687 para pirapitinga e tambaqui, respectivamente).

Características	Parâmetro	Dentro da ER	Fora da ER
Físicas e químicas	pH	8,458±0,144[a]	8,417±0,195[a]
	Osmolar. (mOsm/kg)	306,667±15,622[a]	307,417±15,412[a]
	Volume (mL)	4,000±1,492[a]	4,050±0,988[a]
	Concentração ($x10^9$)	4,600±2,857[a]	4,917±1,109[a]
Cinéticas	Motilidade (%)	85,350±15,572[a]	90,450±10,061[a]
	VCL (mm/s)	90,216±18,095[a]	100,397±18,997[a]
	VSL (mm/s)	57,259±16,560[a]	53,896±14,296[a]
	VAP (mm/s)	78,401±20,087[a]	88,436±15,371[a]
Bioquímicas	Ca^+ (mg/dl)	4,140±1,055[a]	4,304±1,346[a]
	Cl^- (mEq/L)	106,015±18,597[a]	104,330±10,329[a]
	Triglicerídeo (mg/dl)	25,721±10,358[b]	113,413±8,188[a]
	Frutose (mg/dl)	21,063±10,969[a]	23,543±12,671[a]
	Glicose (mg/dl)	20,266±14,109[a]	9,399±9,845[b]

Tabela 2 - Características físicas, químicas, cinéticas e bioquímicas do sêmen de pirapitinga dentro e fora da estação reprodutiva (ER).

Obs: letras minúsculas diferentes entre estações (dentro e fora) num mesmo parâmetro, diferem estatisticamente ($p<0,05$). ER = Estação reprodutiva.

4 | DISCUSSÃO

A variação estacional na composição iônica do plasma seminal tem sido reportada em diversas espécies entre elas a truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (MUNKITTRICK; MOCCIA 1987), salmão, *Salmosalar m. Sebago* (PIIRONEN, 1985), salmão do atlântico, *Salmosalar (*AAS; REFSTIE; GJERDE, 1991), *Zoarces americanus* (WANG; CRIM, 1997), bacalhau do atlântico (ROUXEL et al., 2008), carpa comum, *Cyprinus carpio*, e tilápia, *Oreochromis mossambicus* (KRUGER et al., 1984) e *Prochilodus brevis* (LEITE et al., 2018). Assim como a correlação entre a composição do plasma seminal e a qualidade dos parâmetros do sêmen de peixes (BUTTS; LITVAK; TRIPPEL, 2010; BOZKURT, et al., 2011). No entanto, esse é o primeiro trabalho que avalia a composição bioquímica do plasma seminal de tambaqui e pirapitinga, bem como a influência da estação reprodutiva sobre diversos aspectos do sêmen de tais espécies em cativeiro.

Em relação às características físicas e químicas do sêmen de tambaqui, o pH e a

osmolaridade apresentaram valores similares a trabalhos anteriores (VIEIRA et al., 2011; LEITE et al., 2011), no entanto, o volume e a concentração do sêmen de tambaqui foram menores que os valores encontrados na literatura (VIEIRA et al., 2011; LEITE et al., 2013; VARELA-JUNIOR et al., 2012; MELO-MACIEL et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016). Para a pirapitinga, o pH e a osmolaridade também apresentaram valores similares a trabalhos anteriores (FRESNEDA et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2010). Já a concentração espermática encontrada nesse estudo foi menor que os valores encontrados na literatura (RAMIREZ-MERLANO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2010).

O volume de sêmen de pirapitinga foi de, aproximadamente, 4 ml ficando dentro da média encontrada na literatura (MELO-MACIEL et al., 2015) que é bastante variável, entre 0,83 ml (FRESNEDA et al., 2004) e 13,4 ml (NAVARRO; SANTAMERIA; CASALLAS, 2004). Essa diferença de valores desse parâmetro pode estar relacionada a dieta do animal, ao estágio de maturação gonadal, as condições ambientais, quantidade de (Adenosina Trifosfato) ATP, atividade enzimática, regulação hormonal da espermiação, estresse, entre outros (CIERESZKO, 2008).

As características físicas, químicas e cinéticas do sêmen de pirapitinga não sofreram influência da estação reprodutiva. No entanto, o volume seminal de tambaqui foi menor fora da estação reprodutiva, sendo esse parâmetro influenciado pela sazonalidade, assim como a VSL dessa espécie. A redução no volume seminal de tambaqui pode estar relacionada com a atividade secretora dos órgãos reprodutores masculinos (testículos, ductos principais testiculares e ductos espermáticos) (ALAVI et al., 2004).

Os resultados encontrados em relação as características físicas, químicas e cinéticas do sêmen de tambaqui mostraram que mesmo recebendo tratamento hormonal, o tambaqui tem sua capacidade responsiva a indução hormonal reduzida, fora da estação reprodutiva e os espermatozoides coletados nesse período tem sua motilidade em linha reta reduzida. Segundo Valdebenito (2008), para os peixes criados em cativeiro, algumas estimulações externas podem estar ausentes, provocando redução de uma resposta endócrina apropriada, resultando na redução do volume do sêmen e da qualidade espermática.

No trabalho de Kruger et al. (1984), houve flutuações estacionais na concentração espermática, motilidade, pH, pressão osmótica, e alguns componentes bioquímicos do sêmen de carpa (*Cyprinus carpio L.*) e de tilápia (*O. mossambicus*).

Mudanças na velocidade espermática durante todo o período de desova foram relatadas em várias espécies de teleósteos (BABIAK et al., 2006; ROUXEL et al., 2008; ALAVI et al., 2008). Trabalhos futuros irão surgir com a necessidade de determinar os fatores que são responsáveis por afetar a velocidade do espermatozoide.

Em relação a composição bioquímica, foram avaliados a presença de Ca^{2+}, Cl^-, triglicerídeo, glicose e frutose no plasma seminal de tambaqui e pirapitinga. As concentrações de Ca^{2+} e frutose não sofreram influência da estação reprodutiva em ambas as espécies.

As concentrações de triglicerídeos fora da estação reprodutiva, em ambas as

espécies, foram mais elevadas do que dentro da estação, estando esse resultado de acordo com o encontrado em *Prochilodus brevis* (LEITE et al., 2018). Esse achado se deve, provavelmente, ao fato de várias classes de lipídeos, como também de triglicerídeos, servirem como fontes de energia para os espermatozóides durante o período de armazenamento (LAHNSTEINER et al. 1993), prevalente fora da estação reprodutiva. Além disso, geralmente os lipídeos têm papel protetor contra mudanças ambientais que ocorrem quando o sêmen é liberado no meio (BOZKURT et al., 2008).

Lahnsteiner et al. (2009) mostraram que os ácidos graxos são compostos importantes para prolongar a viabilidade de espermatozoides durante o armazenamento de curto prazo à medida que afeta positivamente a motilidade dos espermatozoides e a fertilidade. As concentrações de triglicerídeos do plasma seminal de tambaqui e pirapitinga, dentro e fora da estação reprodutiva, foram mais elevadas que as relatadas para *A. persicus* (15,02 mg/dl, ARAMLI et al., 2013), *O. mykiss* (8 mg/dl, SECER et al., 2004) e *C. idella* (14.58 mg/dl, BOZKURT et al., 2008). Tais diferenças podem estar relacionados à condição ambiental, a frequência de remoção, a estimulação hormonal, período e métodos de amostragem (BILLARD et al., 1995; LINHART et al., 2002), além da espécie animal.

Foi possível observar uma maior concentração de glicose no plasma seminal de pirapitinga dentro da estação reprodutiva, esse fato pode estar relacionado à alta demanda de energia dos testículos durante o processo de espermatogênese (SOENGAS et al., 1993). Além disso, a glicose é um importante parâmetro bioquímico, pois provê proteção a membrana do espermatozoide e serve como crioprotetor externo (MAISSE, 1996).

A maior quantidade de Cl^- dentro da estação reprodutiva para tambaqui pode estar vinculada ao fato do Cl^- ser relacionado com a motilidade espermática (HAMILI et al., 2014), sendo sua presença em grande quantidade mais necessária dentro da estação reprodutiva quando os espermatozoides precisam de boa taxa de motilidade para alcançar o oócito. Além disso, a maioria dos íons presentes no plasma seminal de peixes estão envolvidos na regulação da motilidade espermática contribuindo, ou na composição iônica intracelular ou na osmolaridade (LINHART; SLECHTA; SLAVIK, 1991; BILLARD; COSSON et al., 1995; ALAVI; COSSON, 2006).

5 | CONCLUSÃO

Os semens de tambaqui e pirapitinga sofrem variação estacional sendo o tambaqui a espécie mais afetada com essa variação. Não existe correlação entre os parâmetros físico, químicos, cinéticos e bioquímicos no sêmen de pirapitinga, nem no sêmen de tambaqui.

REFERÊNCIAS

AAS, G.H.; REFSTIE, T.; GJERDE, B. **Evaluation of milt quality of Atlantic salmon**. Aquaculture, v. 95, p. 125-132, 1991.

ALAVI, S.M.H.; COSSON, J. **Sperm motility in fishes: (II) Effects of ions and osmolality.** Cell Biology International, v. 30, p. 1–14. 2006.

ALAVI, S.M.H.; COSSON, J.; KARAMI, M.; ABDOULHAY, H.; MOJAZI AMIRI, B. **Chemical composition and osmolality of seminal plasma of Acipenser persicus, their physiological relationship with sperm motility.** Aquaculture Research, v. 35, p. 1238-43, 2004.

ALAVI, S.M.H.; PSENICKA, M.; RODINA, M.; POLICAR, T.; LINHART, O. **Changes of sperm morphology, volume, density and motility and seminal plasma composition in Barbus barbus (Teleostei: Cyprinidae) during the reproductive season.** Aquatic Living Resource, v. 21, p. 75–80, 2008.

ARAMLI, M.S.; KALBASSI, M.R.; NAZARI, R.M. **Study of Sperm Concentration, Seminal Plasma Composition and their Physiological Correlation in the Persian Sturgeon, *Acipenser persicus*.** Reprodutive Domestical Animals, v. 48, p. 1013–1018, 2013.

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L.C. **Criação de tambaqui.** In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C (Org). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: UFSM, 2005, p.175-202.

BABIAK, I.; OTTESEN, O.; RUDOLFSEN, G.; JOHNSEN, S. **Quantitative characteristics of Atlantic halibut, Hippoglossus hippoglossus L., semen throughout the reproductive season.** Theriogenology, v. 65, p.1587–604, 2006.

BILLARD, R.; COSSON, J.; CRIM, L.W.; SUQET, M. **Sperm physiology and quality.** In: BROMAGE, N. R.; ROBERTS, R. J. (eds). Brood stock management and egg and larval quality**.** Blackwell: Oxford. 1995, p 25–52.

BOZKURT, Y.; OGRETMEN, F.; EREIN, U.; YIDZ, M. **Seminal plasma composition and its relationship with physical spermatological parameters of Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) semen: with emphasis on sperm motility.** Aquaculture Research, v. 39, p.1666–1672, 2008.

BOZKURT, Y.; OĞRETMEN, F.; KOKCU, O.; ERCIN, U. **Relationships between seminal plasma composition and sperm quality parameters of the *Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858) semen: with emphasis on sperm motility.** Czech Journal Animal Science, v. 56 (8), p. 355–364, 2011.

BUTTS, I.A.E.; LITVAK, M.K.; TRIPPEL, E.A. **Seasonal variations in seminal plasma and sperm characteristics of wild-caught and cultivated Atlantic cod, *Gadus morhua.*** Theriogenology, v, 73, p. 873–885, 2010.

CIERESZKO, A. **Chemical composition of seminal plasma and its physiological relationship with sperm motility, fertilizing capacity and cryopreservation success in fish.** In: ALAVI, S.M.H; COSSON, J.; COWARD, K.; RAFIEE, G.R. (eds). Fish spermatology. Alpha Science, Oxford, 2008, p 215–240.

FARIAS, J.O.; NUNES, J.F.; CARVALHO, M.A.M.; SALGUEIRO, C.C.M. **Avaliação "in vitro" e "in vivo" do sêmen de tambaqui *Colossoma macropomum* conservado atemperatura ambiente e criopreservado em água de coco.** Rev. Cient. Prod. Anim., v.1, n.1, p. 44-58, 1999.

FRESNEDA, A.; LENIS, G.; AGUDELO, E.; ANGEL, M. O**. Espermiación inducida y crioconservación de semen de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*).** Revista Colombiana Ciências Pecuárias, v. 17, p. 46-52, 2004.

HALIMI, M.; GOLPOUR, A.; DADRAS, H.; MOHAMADI, M.; CHAMANARA, V. **Quantitive characteristics and chemical composition in Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus*) sperm.** Iran Journal Fish Science, v, 13, p. 81-90, 2014.

HERNÁNDEZ, A. **Estado actual del cultivo de Colossoma y Piaractus en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela.** In: Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura, 8.; Acuicultura y Desarrollo Sostenible. Santafé de Bogotá. 1994.

KRUGER, J.C.; SMITH, G.L.; VAN VUREN, J.H.J.; FERREIRA, J.T. **Some chemical and physical characterestics of the semen of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis mossambicus*.** Journal Fish Biology, v. 24, p. 263– 272, 1984.

LAHNSTEINER, F.; MANSOUR, N.; MCNIVEN, M.A.; RICHARDSON, G.F. **Fatty acids of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* semen: Composition and effects on sperm functionality.** Aquaculture, v. 298, p. 118-124, 2009.

LAHNSTEINER, F.; PATZNER, R.A.; WEISMANN, T. **Energy resources of spermatozoa of the rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss* (Pisces, Teleostei).** Reprodutive Nutrition Deviate, v. 33, p. 349–360, 1993.

LEITE, J. S.; OLIVEIRA-ARAÚJO, M.S.; ALMEIDA-MONTEIRO, P.S.; CAMPELLO, C.C.; CAMPOS, A.C.N.; SALMITO-VANDERLEY, C.S.B. **Seasonal variation in seminal quality in brazilian Bocachico (Teleostei, Characiformes).** Revista Caatinga, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 759 – 766. 2018

LEITE, L.V.; OLIVEIRA, F.C.E.; NUNES, L.T.; NUNES, J.F.; SALMITO-VANDERLEY, C.S.B. **Criopreservação do sêmen de tambaqui com ACP® adicionado de gema de ovo.** Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, v. 6, p. 23-29, 2011.

LEITE, L.V.; MELO, M.A.P.; OLIVEIRA, F. C. E.; PINHEIRO, J. P. S.; CAMPELLO, C. C.; NUNES, J. F.; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B. **Determinação da dose inseminante e embriogênese na fertilização artificial de tambaqui (*Colossoma macropomum)*.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 65, p.421-429, 2013.

LINHART, O.; SLECHTA, V.; SLAVIK, A. **Fish sperm composition and biochemistry.** Bull Institute Zoologically Academy Sin, v. 16, p. 285–311, 1991.

LINHART, O.; COSSON, J.; MIMS, S.D.; SHELTON, W.L. RODINA, M. **Effects of ions on the motility of fresh and demembranated paddlefish (*Polyodon spathula*) spermatozoa.** Reproduction, v. 124, p. 713–719, 2002.

LOWE-MCCONNEL, R.H. **Fish communities in tropical freshwater.** Longman, London, 337p, 1975.

MAISSE, G. **Cryopreservation of fish semen: a review. In: Proceedings of the Refrigeration Science and Technology Conference, Refrigeration and Aquaculture.** Institut International du Froid, Paris, France, 1996, p. 443–467.

MELO-MACIEL, M.A.P.; NUNES, J.F.; PINHEIRO, J.P.S.; NUNES, L.T.; PINHEIRO, R.R.R.; LOPES, J.T.; SALMITO-VANDERLEY, C.S.B. **Sperm motility and velocities of Characiformes fishes in different times post-activation.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 6, p. 4023-4030. 2015.

MUNKITTRICK, K.R.; MOCCIA, R.D. **Seasonal changes in the quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) semen: effect of delay in stripping on spermatocrit, motility volume and seminal plasma constituents.** Aquaculture, v. 64, p. 147–56, 1987.

MYLONAS, C.C.; CARDINALETTI, G.; SIGELAKI, I.; POLZONETTI-MAGNI, A. **Comparative effi cacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures.** Aquaculture, v. 246, p. 467-481, 2005.

NASCIMENTO, A.F.; MARIA, A.N.; PESSOA, N.O.; CARVALHO, M.A.M.; VIVEIROS, A.T.M. **Out-of-season sperm cryopreservation in different media of the Amazonian freshwater fish pirapitinga (*Piaractus brachypomus*).** Animal Reprodution Science, v. 118, p. 324-329, 2010.

NAVARRO, O.J.; SANTAMARIA, Y.M.V.; CASALLAS, P.E.C. **Aveluacíon de cinco protectores para la crioconservación de semen de Chacama Blanca (*Piaractus brachypomus*).** Revista Colombiana Ciencias Peduarias, v. 17, p. 53-59, 2004.

OLIVEIRA M.S.; ALMEIDA-MONTEIRO P.S.; NUNES L.T.; LINHARES F.R.A.; PINHEIRO J.P.S. ; PINHEIRO R.R.R.; FERREIRA F.O.; CAMPELLO C.C.; SALMITO-VANDERLEY C.S.B. **Cryopreservation of tambaqui semen using a dry shipper and a programmed freezing machine.** Semina: Ciências Agrárias, v. 37(4), p. 2167-2180, 2016.

PIIRONEN, J. **Variation in the properties of milt from the Finnish landlocked salmon (*Salmo salar m. Sebago Girard*) during a spawning season.** Aquaculture, v. 48, p. 337–50, 1985.

RAMIREZ-MERLANO, J.A.; VELASCO-SANTAMARIA, Y.M; MEDINA-ROBLES, V.M.; CRUZ-CASALLAS, P.E. **Cryopreservation effects on the sperm quality of cachama blanca *Piaractusbrachypomus* (Cuvier 1818).** Aquaculture Research, v. 42, p. 738-745, 2011.

ROUXEL, C.; SUQUET, M.; COSSON, J.; SEVERE, A.; QUEMENER, L.; FAUVEL, C. **Changes in Atlantic cod (*Gadus morhua L.*) sperm quality during the spawning season.** Aquaculture Research, v. 39, p.434–40, 2008.

SECER, S.; TEKIN, N.; BOZKURT, Y.; BUKAN, N.; AKCAY, E. **Correlation between biochemical and spermatological parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen.** Israel Journal Aquaculture, v. 56, p.274–280, 2004.

SOENGAS, J.L.; SANMARTIN, B.; BARCIELA, P.; ALDEGUNDE, M.; ROZAS, G. **Changes in carbohydrate metabolism in domesticated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) related to spermatogenesis.** Comp Biochemistry and Physiology, v. 105, p. 293–301, 1993.

VALDEBENITO, I. **Terapias hormonales utilizadas en el control artificial de la madurez sexual en peces de cultivo: una revisión.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 40, p. 115–23. 2008.

VARELA-JÚNIOR, A.S.; CORCINI, C.D.; GHELLER, S.M.M.; JARDIM, R.D.; LUCIA-JUNIOR, T.; STREIT-JÚNIOR, D.P.; FIGUEIREDO, M.R.C. **Use of amides as cryoprotectants in extenders for frozen sperm of tambaqui, *Colossoma macropomum*.** Theriogenology, v. 78, p. 244-251, 2012.

VIEIRA, M. J. A. F; CARVALHO, M. A. M; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B; SALGUEIRO, C. C. M; VIVEIROS, A. T. M; MOURA, A. A. A. N; NUNES, J. F. **Características do sêmen de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em latitude equatorial.** Arch. Zootec., v. 60 (232), p. 1263-1270. 2011.

WANG, Z.; CRIM, L.W**. Seasonal changes in the biochemistry of seminal plasma and sperm motility in the ocean pout, *Macrozoarces americanus*.** Fish Physiology Biochemistry, v. 16, p. 77–83, 1997.

CAPÍTULO 7

ISOLAMENTO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DE SOLOS DA UFAM E ESTERCO BOVINO NO KM 12 BR 174, MANAUS-AM

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 06/07/2021

Ana Eduarda de Aquino Veiga
Laboratório de Micologia, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – Amazonas.
http://lattes.cnpq.br/0982766400971931

Thalita Victoria Vieira Oliveira
Laboratório de Micologia, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – Amazonas.
http://lattes.cnpq.br/7090177880939958

João Raimundo Silva de Souza
Laboratório de Micologia, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – Amazonas.
http://lattes.cnpq.br/3287054950911518

Maria Ivone Lopes da Silva
Docente do Laboratório de Micologia, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – Amazonas
http://lattes.cnpq.br/4169112948312043

RESUMO: Os fungos podem ser encontrados em uma grande diversidade de ambientes e desempenham papel na formação do solo, juntamente com outros microrganismos. Dentre os vários filos do Reino Fungi, o filo Zygomycota tem como principais características hifas cenocíticas e a formação de zigosporângio, por reprodução sexuada; e esporângio, por reprodução assexuada. Enquanto o filo forma Deuteromycota (mitospóricos), é caracterizado pela produção de esporos assexuados (conídios) formados a partir de células conidiógenas, contidas ou não em estruturas especializadas. A pesquisa teve como objetivo isolar e identificar os fungos Zigomicetes e os Mitospóricos (Deuteromycota) encontrados em solos do Campus da Universidade Federal do Amazonas-UFAM e esterco bovino coletado no KM 12 da BR 174. No isolamento dos fungos foram utilizados as técnicas de Clark e o método de Warcup. Os meios de cultura utilizados foram: Ágar Sabouraud, Ágar Batata Dextrose e meio Martin, todos em duplicata. As placas foram incubadas a temperatura ambiente, aproximadamente 28°C, por 3 a 10 dias, com observações diárias de crescimento micelial. Após crescimento das colônias, as mesmas foram contadas (77) e em seguida isoladas, purificadas e identificadas. Os resultados obtidos foram: doze (12) colônias pertencentes a classe Zigomicetes*: Absidia corymbifera, Cunninghamella elegans, Mucor hiemalis, Mucor mucedo, Pilobous* sp.*, Rhizopus microsporus* e *Zygorhynchus moelleri;* em relação aos Mitospóricos foram observadas 65 colônias distribuídos dentro dos gêneros *Acremonium sp., Aspergillus* sp., *Fusarium sp., Microsporum*

sp., Penicillium sp., *Trichoderma sp. Destes foram identificadas as seguintes espécies Aspergillus niger, A. flavus, A. glaucus, Microsporum gypseum, Penicillium chrysogenum, P. expansum, P. glaucum.* O estudo proporcionou maior conhecimento sobre a biodiversidade da Amazônia de fungos Mitospóricos e Zigomicetos em solos e esterco no Amazonas, onde foi constatado que a maioria das espécies são cosmopolitas.
PALAVRAS - CHAVE: fungos filamentosos, Zigomicetes, Mitospóricos, diversidade, solo.

ISOLATION OF FILAMENTOUS FUNGI FROM SOILS OF UFAM AND COW MANURE AT KM 12 BR 174, MANAUS-AM

ABSTRACT: Fungi can be found in a wide variety of environments and play a role in soil formation, along with other microorganisms. Among the several phyla of the Kingdom Fungi, the phylum Zygomycota has as main characteristics cenocytic hyphae and the formation of zygosporangium, by sexual reproduction; and sporangium, by asexual reproduction. While the form-phylum Deuteromycota (mitosporic), it is characterized by the production of asexual spores (conidia) formed from conidiogeneous cells, contained or not in specialized structures. The research aimed to isolate and identify the Zygomycetes and Mytosporic (Deuteromycota) fungi found in soils from the Campus of the Federal University of Amazonas-UFAM and cow manure collected at KM 12 of BR 174. In the isolation of the fungi, Clark's techniques and Warcup method were used. The growth media used were: Sabouraud Agar, Potato Dextrose Agar and Martin media, all in duplicate. The plates were incubated at room temperature, approximately 28°C, for 3 to 10 days, with daily observations of mycelial growth. After colony growth, they were counted (77) and then isolated, purified and identified. The results obtained were: 12 colonies belonging to the Zygomycetes class: *Absidia corymbifera*, *Cunninghamella elegans*, *Mucor hiemalis*, *Mucor mucedo*, *Pilobous* sp., *Rhizopus microsporus* and *Zygorhynchus moelleri*; in relation to the Mitosporic ones, 65 colonies distributed within the genera *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Microsporum* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. Of these, the following species were identified: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. glaucus*, *Microsporum gypseum*, *Penicillium chrysogenum*, *P. expansum*, *P. glaucum*. The study provided greater insight into the Amazonian biodiversity of Mitosporic fungi and Zygomycetes in soils and manure in the Amazon, where most species were found to be cosmopolitan.
KEYWORDS: filamentous fungi, Zygomycetes, Mitosporic, diversity, soil.

1 I INTRODUÇÃO

Os microrganismos são um dos principais seres vivos encontrados e a sua atividade afeta diretamente os fatores químicos e físicos do solo, contribuindo para sua produtividade (PEREIRA et al., 2007). Os fungos podem ser encontrados em uma grande diversidade de ambientes e estão entre os organismos mais importantes do mundo, desempenhando um papel vital em funções do ecossistema e tem efeitos de grande alcance (MUELLER et al., 2004).

O uso industrial de fungos tem sido amplamente utilizado devido as suas vantagens, tais como a eficácia de custo, consistência, menor tempo e espaço necessário para a

produção, facilidade de modificação e otimização de processos (SUNITHA et al*.,* 2012).

Nos últimos 20 anos métodos moleculares aumentaram o conhecimento da diversidade desses organismos. Ainda, estimativas recentes elevaram o número de 1,5 para 5,1 milhões de espécies de fungos existentes e aproximadamente 100 mil espécies descritas (BLACKWELL, 2011).

Os fungos filamentosos são formados por filamentos denominados hifas, que, em conjunto, formam o micélio septado. O micélio pode ter duas funções distintas: promover a fixação do fungo (micélio vegetativo) e promover a reprodução, produção de esporos (micélio reprodutivo). (GOCK et al., 2003).

Dentre os vários filos do Reino Fungi, o filo Zygomycota tem como principais características: hifas cenocíticas e a formação de zigosporângio, por reprodução sexuada; e esporângio, por reprodução assexuada (LENNARTSSON et al., 2012). Os zigomicetos tem despertado grande interesse na ciência quanto à composição da biomassa. Principalmente em razão de sua utilização na produção de alimentos fermentados e devido ao grande potencial para o estabelecimento de uma plataforma para a produção de produtos químicos finos, enzimas, fungos da biomassa para fins alimentares e lipídios (FERREIRA et al., 2013).

Enquanto o filo forma Deuteromycota (mitospóricos), é caracterizado pela reprodução assexuada por produção de conidióforos e conídios. Nesse tipo de reprodução só está presente divisões celulares por mitose. As espécies desse grupo também designados fungos imperfeitos ou fungos Deuteromicetos. (SILVA; COELHO, 2006).

Visto que alguns desses organismos possuem interesse econômico, a presente pesquisa teve como objetivo isolar e identificar fungos Zygomycetes e os Mitospóricos (Deuteromycota) encontrados em solos do Campus da Universidade Federal do Amazonas-UFAM e esterco bovino coletado no KM 12 da BR 174. E, dessa forma, avaliar a sua diversidade nos dois ambientes.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de Coleta do Solo

A coleta das amostras de solo foi realizada em áreas adjacentes e nas sementeiras do projeto Sauim de coleira, Universidade Federal do Amazonas – ICB/UFAM-Manaus e em excremento bovino coletados em baia de criação do sítio JC localizado no Ramal do Pau Rosa, KM 12, BR 174.

Foram coletados em sacos plásticos, aproximadamente, 300g de amostras de solo de floresta, solo das sementeiras e de excremento bovino, durante o período de estiagem (Agosto) e durante o período chuvoso (Fevereiro).

2.2 Técnica de Isolamento dos Fungos

Após a coleta de dezesseis amostras: de solo (12) e de excremento (4), os mesmos foram encaminhados ao laboratório de Micologia/DP/ICB onde realizou-se o isolamento dos fungos, segundo técnica de Warcup (1950) modificado onde foi realizada pesagem de alíquotas de 0,015g de cada amostra e distribuídas nas placas de Petri estéreis. A amostra foi desagregada em partículas menores no fundo das placas com o auxílio de espátula fina de aço inoxidável. Posteriormente, verteu-se cerca de 15 mL de meio de cultura (meio Martin) com temperatura em torno dos 43 a 45°C. As amostras de cada ponto foram semeadas em duplicata.

Com o material de solo ou fezes restante, foi realizada também a técnica de diluição sucessiva (CLARK, 1965) modificada, em que se utilizou 1,0g de cada amostra diluída em 10 mL de água destilada (10^{-1}). Após agitação em vortex, foram retirados alíquota de 1 mL e incorporado a 9ml de água destilada. Repetiu-se até a diluição 10^{-4}.

Em seguida, foi realizada a semeadura de 0,5 mL da suspensão (10^{-4}) em placas de Petri contendo meios Martin e Sabouraud. As amostras de cada ponto foram semeadas em duplicata.

Posteriormente, as placas foram incubadas à temperatura ambiente, de aproximadamente 28°C, por 3 a 7 dias, com observações diárias do crescimento micelial

Após o desenvolvimento, as colônias foram contadas e, em seguida, isoladas para meio de cultura (Agar Sabouraud e BDA) contido em tubos de ensaio.

2.3 Técnica de Purificação das Colônias Microbianas Isoladas

As colônias que apresentaram contaminação foram purificadas segundo a técnica da cultura monospórica. Com o auxílio de uma alça de platina retirou-se um pequeno fragmento de inóculo, e o transferiu para tubo contendo 1,0 mL de solução Tween 80, agitando em vórtex (SÃO JOSÉ et al., 1994). Foi feita a diluição em série, retirando-se 100 μL da suspensão da amostra, transferindo-a para um tubo contendo 900 μL de concentração de solução salina estéril (diluição 10^{-1}), a diluição então foi homogeneizada e a operação repetida em diluições sucessivas até a diluição de 10^{-3}.

Ao final da série de diluições, inoculou-se 100 μL das diluições 10^{-3}, em triplicata, nas placas contendo meio de cultura Ágar Sabouraud e Ágar Batata Dextrose (BDA), pH 6.8. As placas devidamente identificadas foram incubadas à temperatura de 28ºC por um período de 48-72 horas. Após este período, iniciou-se a separação das colônias para tubos identificados contendo os mesmos meios de isolamento e incubados por oito dias.

As amostras puras foram repicadas em placas de Petri contendo Ágar Sabouraud e BDA com pH 6.8, por oito dias para posterior identificação a nível genérico e especifico.

2.4 Técnica de Microcultivo Em Lâmina

Para identificação morfológica dos fungos utilizou-se a técnica de microcultivo em lâmina, segundo Riddell (1950), modificada, colocando-se inicialmente uma porção circular de papel filtro sobre o fundo de uma placa de Petri, a qual recebeu sobre o papel um par de lâmina 76 x 26 mm e lamínulas e em seguida, foi esterilizada em autoclave. Para inoculação, dois blocos de meio de cultura (BDA ou Ágar Sabouraud), de aproximadamente 5 mm, foram transferidos com uma espátula para a superfície central da lâmina estéril contida na placa. Nas quatro extremidades do bloco de meio foi inoculada uma porção da colônia. Duas lamínulas estéreis foram depositadas sobre a superfície dos blocos de meio de cultura. Com uma pipeta, depositou-se uma pequena quantidade de água destilada esterilizada no fundo da placa para umedecer o papel de filtro, suficiente para manter umidade por cinco a sete dias.

Após o crescimento fúngico mostrar-se visualmente suficiente, as lamínulas foram cuidadosamente removidas e dispostas sobre uma gota do corante Azul-de-lactofenol na superfície de uma lâmina de 76 x 26 mm e analisadas em microscopia óptica (ONIONS et al., 1981). As colônias que não desenvolveram estruturas reprodutivas foram reinoculadas e submetidas à variação na temperatura, pH, luz e nutrientes para estimular o desenvolvimento reprodutivo.

2.5 Identificação dos Fungos

Para identificação em nível de gênero e espécie os fungos foram identificados por meio de observações macro (caracteres da colônia) e microscópicas (lâminas), com o auxílio de bibliografia especializada (ALVES et al., 2002b; DOMSCH, ELLIS, 1971; O'DONNELL, 1979; SCHIPPER, 1978; SEIFERT et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2011;).

2.6 Análise Estatística dos Dados

Foram utilizadas duas metodologias para determinar a diversidade e frequência com que esses organismos se desenvolveram:

a) Frequência de ocorrência (%) – a frequência de ocorrência (LOBO & LEIGHTON, 1986) foi expressa em porcentagem e calculada para cada espécie durante o período de estudo. As espécies foram consideradas:

Constantes: quando $F>50\%$

Comuns: quando $10\%\leq F\leq 50\%$

Raras: quando $F<10\%$

$F= PA/P*100$ onde

PA = nº de meses onde a espécie esteve presente

P = nº total de meses coletados

b) Índice de Similaridade de SØRENSEN (MÜLLER-DOMBOIS e ELLEMBERG, 1974) – foi utilizado para verificação da similaridade entre as micotas isoladas nas áreas

de estudo.

IS = 2C / (A+B) *100 (%)

A= Número de táxons na área 1

B= Número de táxons na área 2

C= Número de táxons em comum para ambas as áreas

2.7 Preservação dos Fungos

Os fungos identificados e devidamente purificados e esporulados estão sendo preservados no laboratório de Micologia da UFAM, cada um dos isolados foram armazenadas duplicatas das colônias conforme o método de preservação de Castellani (ARAÚJO et al., 2002) e mantidos em temperatura ambiente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 48 placas, 24 de sementeiras, 16 de solo de floresta e 8 de esterco em várias diluições, que obtiveram uma amostragem da diversidade de fungos nesse ambiente após 7 dias de observação. Foram realizadas as contagens das colônias desenvolvidas em cada placa, totalizando 77. Foram observadas as principais características macroscópicas, sendo identificadas em nível genérico e posteriormente algumas à nível de espécies.

De acordo com o Gráfico 1, verificou-se o desenvolvimento dos representantes de Zygomycetes em 12 colônias. E em relação aos fungos Mitospóricos foram observadas 65.
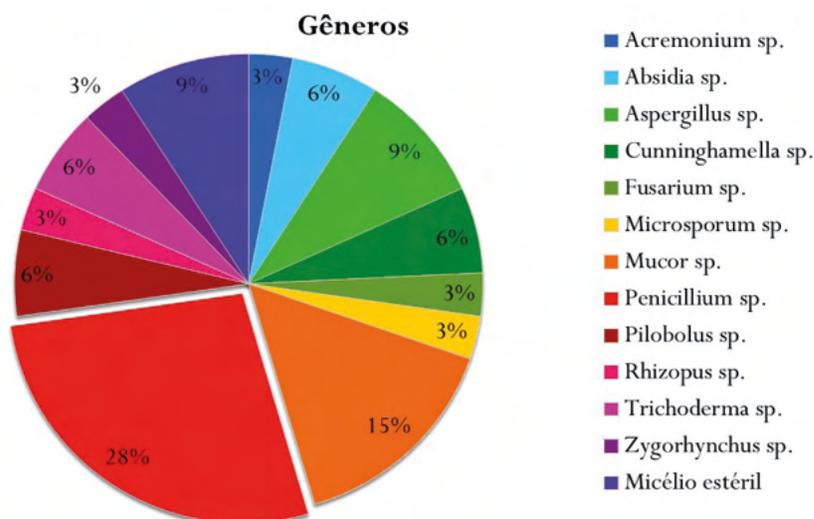
Gráfico 1: Percentual de gêneros isolados e identificados em amostras de solo e esterco bovino, AGO 2017 e FEV 2018, Manaus, AM.

O Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos das colônias pertencentes a classe Zigomicetes*: Absidia corymbifera, Cunninghamella elegans, Mucor hiemalis, Mucor mucedo, Pilobolus* sp.*, Rhizopus microsporus* e *Zygorhynchus moelleri.* Enquanto os Mitospóricos foram distribuídos dentro dos gêneros *Acremonium sp., Aspergillus* sp., *Fusarium sp., Microsporum sp., Penicillium* sp., *Trichoderma sp.* Destes últimos foram identificadas as seguintes espécies: *Aspergillus flavus, Aspergillus glaucus, Aspergillus niger, Microsporum gypseum, Penicillium chrysogenum, Penicillium expansum* e *Penicillium glaucum*.
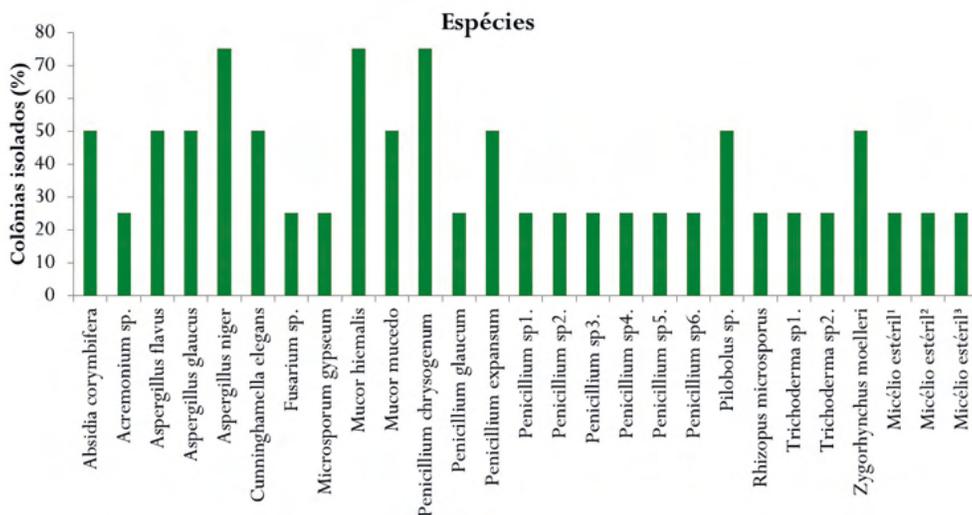
Gráfico 2: Percentual de espécies isolados e identificados em amostras de solo e esterco bovino, AGO 2017 e FEV 2018, Manaus, AM.

Conforme os resultados obtidos, destacaram-se os gêneros *Absidia* sp., *Aspergillus* sp., *Mucor* sp. e *Penicillium* sp., que foram representados com maior frequência por *Absidia corymbifera, Aspergillus niger, Mucor hiemalis* e *Penicillium chrysogenum.*

Em relação as amostras coletadas, as de solo apresentaram menor diversidade de Zygomycetes que no esterco, isto pode ter ocorrido devido à alta competitividade de outros fungos do solo. Até mesmo *Mucor* spp., em que foi observado crescimento rápido, portanto pode ter interrompido o crescimento de outros Zygomycetes.

Estudos anteriores de Cunha e Silva (2007) identificaram os gêneros *Cunninghamella* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp. e *Syncephalastrum* sp. em amostras de solo do Campus da UFAM, sendo os três primeiros também isolados neste trabalho. No entanto, ambos trabalhos obtiveram diversidade de Zygomycetes inferior se comparado com trabalhos realizados em outras regiões do Brasil (AZEVEDO et al., 2014; ALVES et al, 2015).

De acordo com a Análise Estatística dos Dados, as espécies que apresentaram frequência de ocorrência constante, com 100% de frequência, foram *Aspergillus niger,*

Mucor hiemalis e *Penicillium chrysogenum*. As espécies *Absidia corymbifera, Aspergillus flavus, Aspergillus glaucus, Cunninghamella elegans, Mucor mucedo*, *Penicillium expansum* e *Pilobolus* sp. apresentaram frequência de ocorrência comum, com 50% de frequência cada. A espécie *Rhizopus microsporus* também apresentou frequência de ocorrência comum, porém com 25%.

De acordo com o índice de similaridade do Zigomicetes, foi verificado semelhança entre as micotas nas áreas de estudo em torno de 50%. As espécies que foram isoladas nas duas áreas foram: *Absidia corymbifera* e *Mucor hiemalis*. Enquanto para os Mitospóricos, foram utilizados os fungos *Aspergillus niger* e *Penicillium chrysogenum*, pois foram observados em ambas coletas, no qual o índice apresentou aproximadamente 20% de similaridade.

4 | CONCLUSÃO

Os estudos relacionados à taxonomia de microrganismos são bastante significativos para o fortalecimento das coleções existentes, durante este projeto, se buscou ampliar as informações existentes sobre a classe de fungos Zygomycetes e Mitospóricos.

As espécies mais frequentemente observadas foram *Absidia corymbifera, Aspergillus niger*, *Mucor hiemalis* e *Penicillium chrysogenum*

Dentre os isolados, os gêneros *Pilobolus* sp. e *Zygorhynchus* (Z. moelleri) foram isolados pela primeira vez na área.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W.L.; LIMA, A.O.S.; AZEVEDO, J.L.; MARCON, J.; KUBLINCKY-SOBRAL, J.; LACAVA, P.T. **Manual: Isolamento de microrganismos endofíticos**. Departamento de Genética. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. 86p. 2002.

ALVES, A.; SOUZA, C. A. F.; XAVIER, D.; SANTIAGO, L. C. **Estudo ecológico dos Mucorales em solos do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Congresso brasileiro de ciência do solo. v. 35, p. 1-5, 2015.

ALVES, M. H; TRUFEM, S. F. B; MILANEZ, A. I. Táxons de *Mucor Fresen* (Zygomycota) em fezes de herbívoros, Recife, PE, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, p. 147-160, 2002b.

AZEVEDO, J. M. A.; ASSIS, G. M. L.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; AZEVEDO, H. S. F. S. Riqueza e frequência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em genótipos de amendoim forrageiro no Acre, Norte do Brasil. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 157-168, 2014.

BLACKWELL, M. THE FUNGI: 1, 2, 3 … 5.1 MILLION SPECIES? **American Journal of Botany**, v. 98, n. 3, p. 426-438, 2011.

CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 42, p. 225-226, 1939.

CLARK, F. E. Agar-plate method for total microbial count. In: BLACK, C. A. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2**. Chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy, p. 1460-1466. 1965.

CUNHA, R. G.; SILVA, M. I. L. **Isolamento e identificação de Zygomycetes de solo do Campus da UFAM**. Pibic – Universidade Federal do Amazonas, p. 1-18, 2007.

FERREIRA, J. A.; LENNARTSSON, L. E.; MOHAMMAD J. T. Zygomycetes-based biorefinery: Present status and future prospects, **Bioresource Technology**, v. 135, p. 523-532, 2013.

GOCK, M. A. et al. Influence of temperature, water activity and pH on growth of sume xerophilip fungi. **International Journal of Food Microbiology**. V.81, n.1, p.11-19.2003.

LENNARTSSON, P. Zygomycetes and cellulose residuals: hydrolysis, cultivation and applications. University of Boras: School of Engineering; **Chalmers University of Technology: Department of Chemical and Biological Engineering**, 82 p. 2012.

LOBO, E. & LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.** v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

MUELLER, G.M.; BILLS, G.F.; FOSTER, M.S. **Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods.** Boston: Elsevier Academic Press. 777p., 2004.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. Mathematical treatment of vegetation data. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey, Sons, 1974. v.2, p. 211-302, 1974.

O'DONNEL, K. L. **Zygomycetes in Culture.** Georgia: University of Georgia, 257p. 1979.

ONIONS, A.H.S.; ALLSOPP, D.; EGGINS, H.O.W. **Smith's Introduction to Industrial Mycology**, 7 ed., Edward Arnold (ed.), London: Great Britain, 398p. 1981.

PEREIRA, A.A., HUNGRIA, M., FRANCHINI, J.C., KASCHUK, G., CHUEIRE, L.M.O., CAMPO, R.J. & TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo;** 31:1397-1412. 2007.

RIDDELL, R.W. **Permanent Stained Mycological Preparations Obtained by Slide Culture. Mycologia**, v. 42, n. 2, p. 265-270, 1950.

SÃO JOSÉ, C.; COSTA, M.J.; ALMEIDA, M.J. Isolamento de Fungos Queratinofílicos a partir de Areia de Praias. **Revista de Biologia. Lisboa**, v. 15, p. 161-171, 1994.

SCHIPPER, M. A. A. On certain species of *Mucor* with a key to all accepted species. **Studies in Micology**, n. 17, p. 1-33, 1978.

SEIFERT, K.; MORGAN-JONES, G.; GAMS, W.; KENDRICK, B. The Genera of Hyphomycetes. **CBS Biodiversity Series**. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, Nerthelands, n.9, p. 1-977, 2011.

SILVA, R. R.; COELHO, G. D.; **Fungos: Principais grupos e aplicações biotecnológicas;** Seção de Micologia e Liquenologia – Instituto de Botânica, São Paulo; 2006.

SUNITHA, V.H.; RAMESHA, A.; SAVITHA, J.; SRINIVAS, C. Amylase production by endophytic fungi *Cylindrocephalum* sp. isolated from medicinal plant *Alpinia calcarata* (Haw.) Roscoe. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 3, p. 1213-1221, 2012.

TEIXEIRA, M. F. S., SILVA, T. A., PALHETA, R. A., CARNEIRO, A. L. B., ATAYDE, H. M. **Fungos da Amazônia: uma riqueza inexplorada (Aplicações Biotecnológicas)**. 1-255. Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2011.

WARCUP, J. P. The soil-plate method for isolation of fungi from soil. **Nature**. London, p.117-118, 1950.

CAPÍTULO 8

OCORRÊNCIA DO FUNGO *SPOROTHRIX* SPP. NAS GARRAS DOS MEMBROS ANTERIORES DE ANIMAIS SELVAGENS

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 29/06/2021

Flora Nogueira Matos
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ)
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/6307844201787535

Sandra de Moraes Gimenes Bosco
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Depto. De Microbiologia e Imunologia
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/7501337050010455

Giselle Souza da Paz
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Depto. De Microbiologia e Imunologia
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/1707645998428134

Alana Lucena Oliveira
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Depto. De Microbiologia e Imunologia
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/0500984832107456

Arthur Carlos da Trindade
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS)
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/5806423701063005

Luna Scarpari Rolim
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS)
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8376328649922382

Lorena Ortega Silvestre
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ)
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/7374326096473858

Carlos Roberto Teixeira
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Depto. de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal - FMVZ
Botucatu – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8560913137958850

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo, avaliar a ocorrência do fungo *Sporothrix* spp. nas garras dos membros anteriores dos animais selvagens atendidos no Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS/UNESP – Botucatu). Foram utilizados *swabs* umidecidos em solução fisiológica para a realização da coleta de amostras dos membros anteriores de um total de 41 animais de diferentes espécies. Posteriormente, estas eram encaminhadas para o laboratório de Micologia Médica do Depto. De Microbiologia e Imunologia, IBB/ UNESP – Botucatu para o cultivo em agar Mycosel a 25°C, e análise diária durante 30 dias. *Cladosporium* spp. foi o gênero

mais frequentemente isolado, correspondendo a 14,89%, seguido por *Candida* spp. 12,76%, *Penicillium* spp. 12,76%, *Rhodotorula* spp. 8,51%, *Malassezia* spp. 8,51%, *Aspergillus* spp. 4,25%, *Scopulariopsis* spp. 2,13% e *Trichophyton* spp. 2,13%. Apesar do uso do Mycosel®, *Sporothrix schenckii* não foi isolado em nenhuma das amostras avaliadas. Nosso estudo contribui para o conhecimento dos fungos isolados nas garras de animais silvestres, um assunto pouco explorado no Brasil. Chamou nossa atenção a frequencia de *Cladosporium* spp. Esse fungo merece atenção, pois nesse gênero encontram-se espécies causadoras de micoses subcutâneas em humanos. Destaca-se também o isolamento de *Trichopytom* spp., *Candida* spp. e *Malassezia* spp., os quais são frequentes causadores de micoses em animais e humanos. Cuidados devem ser tomados no momento da contenção física desses animais pelos médicos veterinários, biólogos e tratadores, fazendo o uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).
PALAVRAS- CHAVE: Esporotricose; Selvagem; Zoonose; Fungos.

OCCURENCE OF THE FUNGUS *SPOROTHRIX* SPP. IN THE FORELIMB CLAWS OF WILD ANIMALS

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the occurrence of the fungus *Sporothrix* spp. in the forelimb's claws of the wild animals attended at the Medicine and Research in Wildlife Center (CEMPAS / UNESP – Botucatu, SP/ Brazil). Samples were collected from the claws of 41 wild animals of different species, using swabs moistened in sterilizing solution. These samples were sent to the Medical and Mycology Laboratory at the Microbiology and Immunology Department – Bioscience Institute IBB / UNESP – Botucatu, Brazil, for their cultive on Mycosel agar plates and daily analysis for a month. The most isolated genus was *Cladosporium* spp. 14,89%, followed by *Candida* spp. 12,76%, Penicillium spp. 12,76%, Rhodotorula spp. 8,51%, Malassezia spp. 8,51%, *Aspergillus* spp 4,25%, *Scopulariopsis* spp. 2,13% and *Tricophyton* spp. 2,13%. Despite the use of Mycosel agar, *Sporothrix schenckii* was not isolated in any samples. However, this sudy shows other tipes of fungi that can be isolated in the claws of wild animals. A subject that has been not explored in Brazil. Fungi from the genus *Cladosporium* spp. deserve our attention, since they are responsible for subcutaneous mycoses in humans, as well as Trichopytom spp., Candida spp and Malassezia spp., which are responsible for mycosis both in animals and humans. Therefore, handling os these animals must be carefuly executed by veterinarians, biologists, and animal's keepers, using Personal Protective Equipments.
KEYWORDS: Sporotrichosis, Wildlife, Zoonosis,Fungi

1 | INTRODUÇÃO

A esporotricose é uma enfermidade que acomete tanto animais quanto seres humanos e tem como agente etiológico os fungos do gênero *Sporothrix* spp. Ela tem sido muito relatada em gatos domésticos, tendo estes um importante papel na transmissão para os seres humanos e para outros animais (CRUZ, 2013).

Este fungo pertence ao filo Ascomycota, da classe Sordariomycetes, ordem Ophiostomatales e da família Ophiostomataceae. Atualmente, a partir das técnicas de

sequenciamento de DNA, sabe-se que o gênero Sporothrix spp. é dividido nas seguintes espécies: *S. schenckii, S. brasiliensis*, *S. globosa, S. mexicana, S. luriae* e *S. albicans* (MARIMON et al., 2007, CRUZ, 2013).

Os fungos desse gênero são termo-dimórficos, podendo se apresentar na sua forma micelial ou leveduriforme, dependendo da temperatura em que se encontram. À temperatura ambiente de cerca de 25°C, com umidade relativa ambiental superior a 92%, o fungo tem crescimento micelial. Nessa fase ele se encontra na sua forma não parasitária. Microscopicamente, observa-se hifas hialinas, ramificadas e septadas, com conídios que se organizam em forma de "margarida". Já quando observado macroscopicamente, tem aspecto membranoso, superfície enrugada e coloração creme, que escurece gradativamente até ficar cinza escuro e, finalmente, negra, graça à melanina que é capaz de produzir (CRUZ, 2013). A uma temperatura de aproximadamente 37°C, o fungo passa para sua fase de levedura, fase parasitária cujo cultivo pode ser feito após o isolamento micelial, em meios ricos. Microscópicamente, pode ter forma arredondada ou de charuto, com pequenas células em brotamento (LARSSON, 2011). Macroscopicamente, o fungo tem consistência cremosa/pastosa e com coloração esbranquiçada a creme.

A esporotricose tem distribuição universal e teve alta prevalência na França e Estados Unidos no início do século (ALMEIDA, 2013). No final do Século XX começaraLOm a ocorrer surtos epidêmicos e enzooóticos de esporotricose envolvendo carnívoros domésticos e seres humanos na região sudeste do Brasil, sendo responsável até hoje, por 0,5% de todas as doenças de pele do estado de São Paulo (LOPES et al., 2011).

Atualmente, sabe-se que ela ocorre com maior frequência em regiões com clima tropical e subtropical, sendo a micose subcutânea mais comum da América Latina (BARROS et al.,2011).

Por ser um fungo geofílico, o *Sporothrix* spp. tem como habitat natural, materiais de origem vegetal, e como reservatório, o solo, sendo estes, fontes de infecção para seres humanos e animais. A contaminação com o fungo se dá pela inoculação direta de seus conídeos na pele. No ser humano a transmissão pode se dar através do material vegetal, estando associada a atividades ocupacionais, ou ainda, por transmissão zoonótica da doença, podendo ocorrer por arranhadura, mordedura (LOPES et al., 1999) ou pelo contato com exsudato da lesão (SILVA et al., 2008) de animais enfermos ou assintomáticos (CRUZ, 2013). Sendo assim, veterinários e proprietários de animais domésticos estão inclusos no grupo de risco da doença (LARSSON, 2011).

Nos animais, a infecção pode se dar pelo contato com o solo. Nesse caso acomete, principalmente, os membros anteriores de felinos e outros animais, como os tatus, que tem o hábito inato de escavar o solo. Outras possibilidades de infecção seriam: através de lesões com material vegetal, e de arranhaduras e mordeduras de animais comprometidos (BORGES et al., 2013, CRUZ, 2013). No Uruguai, mais de 80% dos casos de esporotricose humana foram verificados em caçadores de tatus que entraram em contato com a terra da

toca desses animais ou diretamente com suas unhas (MACKINNON et al., 1969). Após este estudo, outro foi realizado analisando dez casos de caçadores de tatu no Rio Grande do Sul com feridas cutâneas e subcutâneas e a esporotricose pôde ser confirmada em todos os casos, através da utilização de testes microbiológicos (ALVES et al., 2010). Rodrigues et al. (2014) isolaram *S. Schenckii* em amostras de solo obtidas de tocas de tatus no interior do estado de São Paulo. O isolado mostrou-se altamente virulento aos hamsters inoculados com as amostras de solo (RODRIGUES et al., 2014).

Estudos epidemiológicos no Brasil sobre a infecção pelo *Sporothrix* spp. em animais silvestres são escassos. Costa et al. (1994) avaliaram, por meio de testes intradérmicos com antígeno esporotriquina, 96 animais saudáveis provenientes do Parque Zoológico de São Paulo (33 macacos-prego, Cebus apella; 16 saguis Callithrix jacchus; 37 quatiss Nasua nasua e 10 felídeos: jaguar, *Panthera onca*; gato-do-mato, *Felis pardalis*; gato-maracajá, *Felis wiedii*; gato-do-mato-pequeno, *Felis tigrina*) e observaram 30,21% de positividade, sendo esta maior nos quatis (64,86%), seguido pelos felídeos (30,0%) e cebídeos (6,06%) (COSTA et al., 1994).

Uma vez no tegumento o período pré-patente da doença é de, em média, 21 dias dependendo da forma de infecção. Se a transmissão se dá pelo contato direto da levedura com o tecido lesionado, o período pré-patente é menor. A partir daí, gera lesões polimórficas ulcerosas características que podem involuir espontaneamente ou permanecer no local de inoculação (esporotricoma), afetando pele, tecido subcutâneo e, frequentemente, vasos linfáticos adjacentes, sendo rara sua disseminação para vísceras e camadas internas do tecido (LOPES et al., 1999).

Análises epidemiológicas do município do Rio de Janeiro, realizadas pela Fundação Oswaldo Cruz, indicam que a esporotricose se torna mais presente em populções de baixa renda e em áreas metropolitanas, acometendo principalmente mulheres de meia idade com trabalhos domésticos e estudantes que possuem contato frequente com animais acometidos. O mesmo estudo relata que a carência de atendimento e diagnóstico veterinário para a doença ainda é muito grande, dificultando o controle da doença (BARROS et al., 2010).

Para o diagnóstico correto é preciso diferencia-la das demais doenças que causam lesões úlcero-gomosas, doenças essas, que geram a sigla “LECMN”: Leismaniose (L), esporotricose (E), criptococose (C), micobacteriose (M) e neoplasias (N) (BORGES et al., 2013).

O itraconazol é o medicamento de escolha para o tratamento da esporotricose cutânea e linfocutânea, no entanto, casos de resistência a este fármaco têm sido relatados, provocando remissão da doença tanto em seres humanos como em animais. A partir disso, estudos in vitro foram realizados em busca de uma nova alternativa, e os resultados indicaram que o fungo *Sporothix* spp. é também sensível a terbinafina (MEINERZ et al., 2007).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Animais Amostrados

Foram coletadas amostras das garras dianteiras de 41 animais selvagens de diferentes espécies, atendidos no Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS/UNESP – Botucatu). As coletas foram realizadas no próprio Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS/UNESP – Botucatu), priorizando a coleta no momento de manejo dos animais enquanto contidos adequadamente pelos residentes locais. O registro dos animais foi anotado para o acesso do histórico dos mesmos.

Todos os procedimentos adotados estavam de acordo com a aprovação da Comissão de Ética No Uso De Animais, Protocolo n°1047-CEUA – 06 de Outubro de 2017.

2.2 Coleta de Amostras

As amostras foram coletadas com *swabs* umedecidos em solução salina estéril 0,85% e, em seguida, friccionados na garra anterior esquerda e direita, separadamente. Estes foram colocados em suas embalagens de origem e fechados com fita adesiva. A seguir, foram identificados com a espécie do animal e o respectivo membro e registro do animal. Além das amostras dos membros torácicos, foram coletadas amostras dos membros pélvicos de cinco animais. Estas foram processadas da mesma maneira e entraram no estudo para mais informações sobre os fungos presentes nestes animais. As amostras foram levadas imediatamente para o Laboratório de Micologia Médica do Depto. de Microbiologia e Imunologia, Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP.

2.3 Processamento Laboratorial

No Laboratório de Micologia Médica, cada *swab* foi semeado em uma placa de Petri contendo ágar Mycose®l. Cada placa foi identificada com caneta permanente, indicando o número do animal, o membro correspondente (esquerda ou direita) e a data. As placas foram protegidas por filme plástico e mantidas em estufa de 25°C para serem avaliadas semanalmente.

Todas as colônias foram avaliadas macro e microscopicamente, corando as lâminas com Lactofenol Azul Algodão. As colônias com aspecto leveduriforme observadas microscopicamente foram cultivadas em CROMAgar Candida Medium e mantidas a 37°C. As colônias com suspeita de *Sporothrix* spp. foram cultivadas individualmente e foram realizados microcultivo das mesmas para uma melhor análise macro e microscópica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas amostras de 47 animais selvagens de diferentes espécies, dentre elas: Gambás (*Didelphis virginiana* – 7,32%, n=3), Pica-Pau (*Celeus flavescens* – 2,13%, n=1), Coruja Orelhuda (*Asio clamator* – 2,13%, n=1), Seriemas (*Cariama cristata* – 4,88%,

n=2), Suindaras (*Tyto furcata* – 12,20%, n=5), Araras (*Ara ararauna* – 12,20%, n=2), Irara (*Eira barbara* – 2,13%, n=1), Tamanduá Bandeira (*Myrmecophaga tridactyla* - 14,63%, n=6), Bugio (*Alouatta caraya* – 12,20%, n=5), Onça Parda (*Puma concolor* – 2,13%, n=1), Raposa do Campo (*Lycalopex vetulus* – 7,32%, n=3), Veado Catingueiro (*Mazama gouazoubira* – 4,88%, n=2), Cachorro do Mato (*Cerdocyon thous* – 7,32%, n=3), Gato do Mato (*Leopardus tigrinus* – 2,13%, n=1), Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris* – 2,13%, n=1), Quiriquiri (*Falco sparverius* – 4,88%, n=2), Onça pintada *(Panthera onca* – 2,13%, n=1), Ouriço Cacheiro (Coendou prehensilis – 2,13%, n=1). Todos estes animais tinham histórico de contato com solo e/ou material vegetal.

Foram identificadas colônias de *Cladosporium* spp. (14,89%), *Candida* spp. (12,76%), *Penicillium* spp. (12,76%), *Rhodotorula* spp. (8,51%), *Malassezia* spp. (8,51%), *Aspergillus* spp. (4,25%), *Scopulariopsis* spp. (2,13%), suspeita de *Trichophyton* spp. (2,13%). Do total dos animais avaliados, evidenciaram crescimento apenas bacteriano e 16,67% não foi possível a identificação morfológica dos fungos devido ao crescimento de fungos zigomicetos.
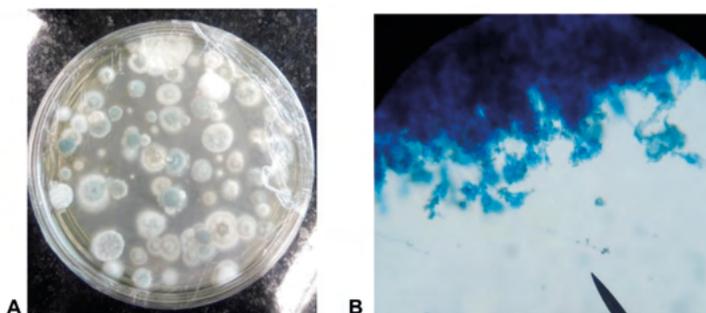
Figura 1. Aspecto macro e microscópico de *Penicillium* sp. isolado na amostra 32E. **A:** Macroscopia em placa de Agar Mycosel. **B:** Microscopia de lâmina corada com Lactofenol Azul Algodão (40X).
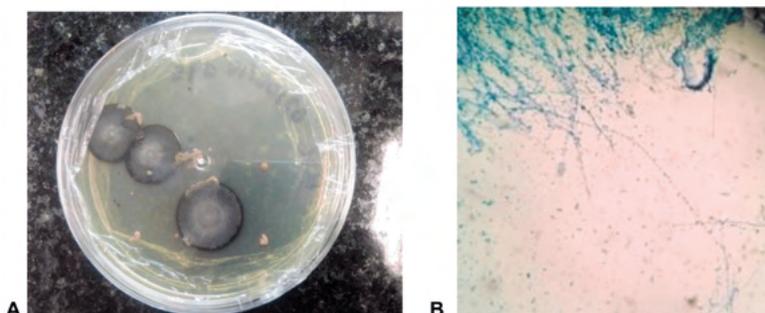
Figura 2. Aspecto macro e microscópico de *Cladosporium* spp. isolado na amostra 14D. **A:** Macroscopia em placa de Agar Mycosel. **B:** Microscopia de lâmina corada com Lactofenol Azul Algodão (40X).
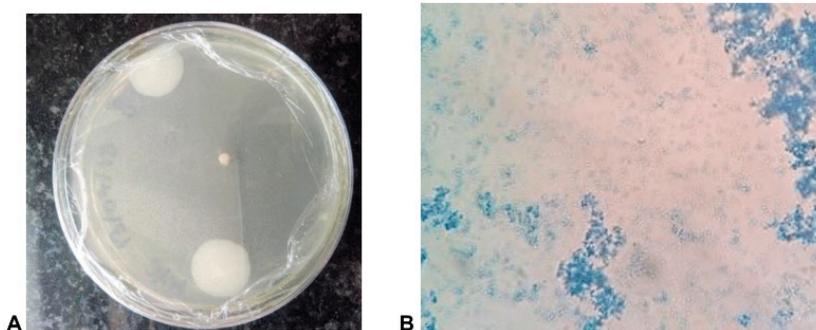
Figura 3. Aspecto macro e microscópico de *Malassezia* spp. isolada na amostra 8D. **A:** Macroscopia em placa de Agar Mycosel. **B:** Microscopia de lâmina corada com Lactofenol Azul Algodão (20X).
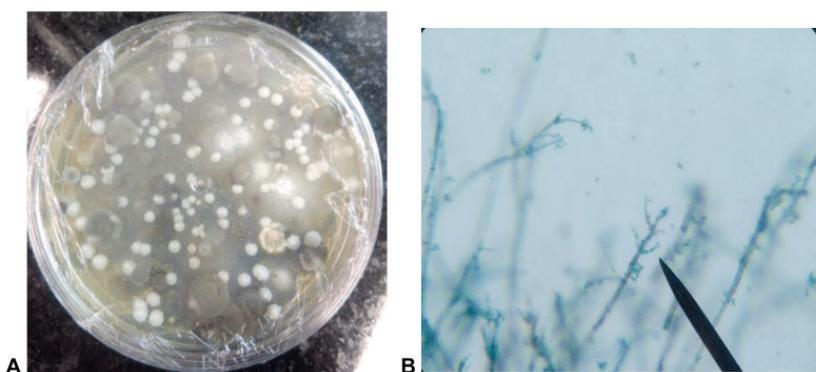
Figura 4. A: Aspecto macroscópico de *Scopulariopsis* spp. em Agar Mycosel da amostra 33D. **B:** Microscopia da colônia de *Scopulariopsis* sp. em lâmina corada com Lactofenol Azul Algodão (40X).

Os resultados aqui obtidos se mostraram semelhantes ao estudo realizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, por ALBANO (2009), que isolou do pêlo e tegumento de 83 animais silvestres, os fungos dos seguintes gêneros: *Aspergillus* sp., *Candida* sp., *Penicillium* sp., *Geotrichum* sp., *Malassezia* sp., *Trichophyton* sp., *Fusarium* sp. e *Scopulariopsis* sp. Ressalta-se que no nosso estudo não foi possível o isolamento do gênero *Geotrichum* sp. De forma semelhante aos nossos achados, BORGES et. al (2013), ao analisarem as garras de gatos domésticos e não domésticos, obtiveram o isolamento dos seguintes gêneros: *Penicillium* sp. (21,2%), *Microsporum canis* (12,1%), *Aspergillus* sp. (9,8%), *Malassezia pachydermatis* (5,3%), *Rhodotorula* sp. (3,8%), *Candida* sp. (3,8%), *Trichoderma* sp. (0,7%) e *Acremonium* sp. (0,7%). Os autores obtiveram o isolamento de *Sporothrix schenckii* das unhas de um gato doméstico que apresentava clínica de esporotricose, sendo que este ainda transmitiu o fungo para a veterinária que o tratava (BORGES et al., 2013).

Schubach et al. (2001) e Souza et al. (2006) mostram o isolamento do fungo *Sporothrix* spp. em frequencias de 39,5% e 29,1%, respectivamente, muito superiores aos

estudos anteriormente citados. Tal superioridade nos resultados é explicada pelo fato de que, diferente dos demais, esses dois últimos estudos tiveram como amostragem felinos diagnosticados com esporotricose ou que conviviam com indivíduos contaminados.

Os fungos mais frequentemente isolados no presente estudo pertenciam aos gêneros *Candida* spp. e *Cladosporium* spp. Dentre as espécies do gênero *Cladosporium*, quatro estão associadas à doenças em humanos: *C. cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. oxysporum* e *C. sphaerospermum*. Fungos do gênero *Cladosporium* caracterizam-se por serem dematiáceos, ou demáceos, isto é, possuem melanina na parede celular. A melanina é um importante fator de virulência para os fungos. Como manifestações clínicas, os pacientes podem apresentar infecções de pele, tecidos moles, como pneumonia e abcessos cerebrais, e sepse com alta mortalidade. Além disso por serem aero-alérgenos, estão relacionados também à doenças alérgicas. O tratamento das infecções é prolongado e o diagnóstico correto é essencial para para um bom prognóstico do paciente (MENEZES et al., 2017). Em um estudo realizado por Sandoval-Denis et al. (2015), em 92 isolados do gênero Cladosporium obtidos de pacientes humanos, destacam-se as espécies *C. halotolerans* (14,8%), *C. tenuissimum* (10,2%), *C. subuliforme* (5,7%) e *C. pseudocladosporioides* (4,5%). Chama a atenção que 39,8% dos isolados não foram possíveis de serem identificados pelas técnicas morfológicas e moleculares, correspondendo a pelo menos 17 novas linhagens de *Cladosporium*. Os sítios anatômicos mais frequentemente acometidos foram trato respiratório (54,5%), tecidos superficiais (28,4%) e tecidos profundos (14,7%) (SANDOVAL-DENIS et al., 2015). Em se tratando de infecção por *Cladosporium* em animais, são poucos os relatos. Spano et al. (2018) relataram um caso de infecção grave em uma cadela sem raça definida de 3 anos de idade. O animal apresentava severo histórico de dispnéia, tosse, letargia, anorexia e discreta claudicação em membro anterior direito. Dentre os diversos exames realizados, a punção aspirativa com agulha fina permitiu o isolamento de colônias enegrecidas em meio Sabouraud e essas foram identificadas por biologia molecular, resultando em complexo Cladosporium cladosporioides (SPANO et al., 2018).

Os fungo do gênero *Candida* spp. estão relacionados à manifestações que vão desde infecções cutâneas superficiais até infecções sistêmicas. Em casos graves a identificação do patógeno é essencial para conduzir o tratamento e para a recuperação do paciente. Mesmo sendo um fungo considerado oportunista, apresenta alta taxa de mortalidade, sendo esta de 10-49% (MÍMICA et al. 2009). São inúmeras as publicações sobre infecções causadas por *Candida* spp. em humanos e atualmente o número de casos em Medicina Veterinária envolvendo a *Candida* sp. vem crescendo, provocando candidose em diversas espécies animais. A levedura, inclusive, já foi detectada no trato digestório de variadas aves. Essas por sua vez, acabam carreando o fungo em sua cloaca e facilitando a sua dispersão no ambiente. A candidose em animais é relatada por todo o mundo, porém o seu quadro clinico é muito variado. No Brasil, casos já foram relatados em associação à otite e dermatomicose em cães. Quanto à infecções sistêmicas, estas são pouco frequentes

mas podem ser manifestadas dependendo do estado do animal. Em relação à área de produção animal, a *Candida* sp. causa prejuízos por estar relacionada à inflamações da glândula mamária em bovinos de leite. A eficácia da droga anti-fúngica contra a *Candida* sp. depende da sensibilidade da cepa, que pode se mostrar tanto sensível, quanto muito resistente a algumas drogas, dificultando o andamento do tratamento (BRITO et al., 2009).

Em um estudo realizado por Campos et al. (2001), foram analisadas 1.310 amostras, coletadas de 1995 até o ano 2000, de lesões cutâneas de animais com suspeita de micoses. Destas, 865 amostras foram positivas para dermatófitos, seguidas por *Cladosporium* sp.(12,44%); *Aspergillus* sp. (5,19%); *Malassezia pachydermatis* (3,51%); *Scopulariopsis* sp. e *Penicillium* sp. (2,44%), gêneros que são compatíveis ao presente estudo, mesmo que envolvendo as garras de animais selvagens. Estes fungos estão muito presentes no ambiente e oferecem risco a saúde humana e veterinária, especialmente quando se considera o estado de imunossupressãqo dos indivíduos (CAMPOS et al., 2001).

Nosso estudo contribui indicando que os animais selvagens representam um risco aos profissionais da área e à população ao seu redor. Seu manejo deve ser realizado com cautela, de acordo com as normas de biossegurança utilizando, inclusive, os equipamentos de proteção individual (EPIs), como luvas de couro, máscaras, óculos de proteção, além de instrumentos para a correta contenção física desses animais. Investigações epidemiológicas da fauna silvestre são realizadas nos países europeus e da América do Norte para o auxilio do manejo da mesma, enquanto que em outros países, tais estudos são, muitas vezes, negligenciados (ALBANO, 2009). É essencial que políticas públicas de controle de doenças e de saúde pública mantenham os animais selvagens em perspectiva para maior eficácia de suas ações. Assim como é de grande importância que a população seja informada devidamente sobre as zoonoses e seus possíveis riscos.

REFERÊNCIAS

ALBANO, A.P.N. **Fungos e micoses em animais silvestres recebidos por centros de triagem**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009

ALMEIDA, J. R. F. **Avaliação da virulência e da resposta imune de diferentes espécies de Sporothrix sp. na esporotricose experimental**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ALVES, S. H. et al. ***Sporothrix schenckii* associated with armadillo hunting in Southern Brazil: epidemiological and antifungal susceptibility profiles. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n.5, p.523-525,out. 2010.

BARROS, M. B. L. et al. ***Sporothrix schenckii* and Sporotrichosis**. **Clinical Microbiology Reviews,** v. 24, n. 4, p.633-654, out. 2011.

BAZZI, T. et al. **Características clínico-epidemiológicas, histomorfológicas e histoquímicas da esporotricose felina**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 36, n. 4, p.303-311, abr. 2016.

BORGES, T. S. et al. **Isolation of *Sporothrix schenckii* From the Claws of Domestic Cats (Indoor and Outdoor) and in Captivity in São Paulo (Brazil). Mycopathologia,** v. 176, n. 1-2, p.129-137, 2 jun. 2013.

BRITO, E. H. S. et al. **Candidosis on veterinary medicine: a mycological, clinical and therapeutic approach. Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 9, p.2655-2664, 2009.

CAMPOS, S. G. **Fungos isolados de lesões características de micose em animais de 1995 a 2000 no Instituto de Veterinária da UFRRJ.** Seropédica: Jornada, 2001. 178 p.

COSTA E. O. et al. **Epidemiological study of sporotrichosis and histoplasmosis in captive Latin American wild mammals, São Paulo, Brazil. Mycopathologia**, v. 125(1), p. 19-22, 1994.

CRUZ, L. C. H. **Complexo *Sporothrix schenckii*: Revisão de parte da literatura e considerações sobre o diagnóstico e a epidemiologia. Veterinária e Zootecnia,** v. 20, p.8-28, 2013.

FERREIRA N. R. et al. **Survey of the presence of fungus on the nails of domestic cats in São Paulo, Brazil.** A ser submetido. Processo Fapesp 2016/25917-2

LARSSON, C. E. et al. **Esporotricosis felina: aspectos clínicos e zoonóticos**. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo,** v. 31, n. 5, p.351-358, set./out. 1989.

LOPES J.O. et al. **Epidemiologia da esporotricose na região central do Rio Grande do Sul.** Rev. Soc. Bras. Med. Trop., v. 32:, p. 541- 545, 1999.

MACKINNON J. E. et al. **Isolation of *Sporothrix schenckii* from nature and considerations on its pathogenicity and ecology. Sabouraudia,** v. 7(1), p. 38-45, 1969.

MADRID I. M. et al. **Análise morfológica e termotolerância de isolados clínicos e do ambiente de *Sporothrix schenckii* do sul do Brasil. Rev. Bras. Ciência Veterinária**, v. 18(2/3), p. 57-61, 2011.

MARIMON R. et al. ***Sporothrix brasiliensis*, *S. globosa*, and *S. mexicana*, three new *Sporothrix* species of clinical interest**. **J Clin Microbiol,** v. 45, p. 3198–3206, 2007.

MEINERZ, A. R. M. et al. **Suscetibilidade *in vitro* de isolados de *Sporothrix schenckii* frente à terbinafina e itraconazol. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40(1), p.60-62, 2007.

MENEZES, C. P. **et al. *Cladosporium* spp: Morfologia, infecções e espécies patogênicas. Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 23-27, 2017.

MÍMICA, L. M. J. *et al.* **Diagnóstico de infecção por Candida: avaliação de testes de identificação de espécies e caracterização do perfil de suscetibilidade. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 17-23, fev. 2009. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1676-24442009000100005.

RODRIGUES, A.M. et al. **Sporothrix schenckii sensu stricto isolated from soil in an armadillo's burrow**. Mycopathologia. 2014a; 177:199–206

SANDOVAL-DENIS, M. et al. ***Cladosporium* species recovered from clinical samples in the United States. J Clin Microbiol.** v. 53(9), p. 2990-3000, 2015.

SCHUBACH, T. M. P. et al. **Isolation ofSporothrix schenckiifrom the nails of domestic cats(Felis catus). Medical Mycology**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 147-149, jan. 2001. Oxford University Press (OUP). http://dx.doi.org/10.1080/mmy.39.1.147.149.

SILVA, M. B. T. et al. **Esporotricose urbana: epidemia negligenciada no Rio de Janeiro, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 28, n. 10, p.1867-1880, 2012.

SOUZA, L. L. et al. **Isolation of Sporothrix schenkii from the nails of healthy cats. Brazilian Journal Of Microbiology**, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 372-374, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1517-83822006000300031.

SPANO, M. et al. ***Cladosporium cladosporioides*-complex infection in a mixed-breed dog. Vet Clin Pathol.** v. 47(1), p. 150-153, 2018.

CAPÍTULO 9

CRANIADOS SILVESTRES ATROPELADOS NA ERS 122 (KM 9 A KM 20), SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ, RS, BRASIL

Data de aceite: 21/09/2021

Karina Seidel Gervasoni
Estudante do curso de Ciências Biológicas, Universidade Feevale, Novo Hamburgo-RS, Brasil
http://lattes.cnpq.br/1072434182768764

Marcelo Pereira de Barros
Professor Adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Feevale, Novo Hamburgo- RS, Brasil
http://lattes.cnpq.br/8026056478519647

RESUMO: O fluxo de veículos nas rodovias apresentou um grande acréscimo nos últimos anos implicando no aumento dos índices de atropelamento de animais silvestres que utilizam as vias para se deslocarem entre as áreas verdes, uma vez que estas áreas estão cada vez mais escassas pela construção de novos loteamentos e empreendimentos. O presente estudo teve por objetivo inventariar as espécies de craniados atropelados em um trecho da ERS 122, no município de São Sebastião do Caí. RS. Onze quilômetros foram percorridos quinzenalmente, com um automóvel em baixa velocidade, para o registro das carcaças. Ao longo de doze meses de monitoramento da rodovia, foram registradas 23 espécies e 65 atropelamentos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos. O *Didelphis albiventris* (gambá-de-orelha-branca) foi a espécie mais frequente e concentra 37% dos registros de atropelamentos da fauna estudada. Foi registrado um atropelamento do *Leopardus guttulus* (gato-do-mato-pequeno), espécie ameaçada de extinção no estado do Rio Grande do Sul.

PALAVRAS - CHAVE: Fauna silvestre, Mortalidade de estradas, Ecologia de estradas

WILD CRANIATES CRUSHED IN THE ERS 122 (KM 9 TO KM 20), SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ, RS, BRAZIL

ABSTRACT: The flow of vehicles on the highways has shown a large increase in recent years, implying the increase in the rates of running over wild animals that they use as routes to travel between green areas since these areas are increasingly scarce due to the construction of new subdivisions and enterprises. The present study aimed to inventory the species of cranial that were run over in a stretch of the ERS 122, in the city of São Sebastião do Caí. RS. Eleven kilometers were covered fortnightly, with a car at low speed, to record the carcasses. Over twelve months of monitoring the highway, 23 species and 65 roadkills by amphibians, reptiles, birds, and mammals were recorded. The *Didelphis albiventris* (white-eared Opossum) was the most frequent species and concentrates 37% of roadkill records in the studied fauna. A running over of *Leopardus guttulus* (wild cat), an endangered species in the state of Rio Grande do Sul, was recorded.

KEYWORDS: Wild fauna, Road Mortality, Road ecology.

1 | INTRODUÇÃO

Há muito deixou de ser novidade que o Brasil é um país megadiverso, detentor da maior biodiversidade do planeta. Nossos números são superlativos e, também, surpreendentes. Mesmo que saibamos que há muito o que conhecer, que há muitas espécies desconhecidas aguardando serem descritas, ainda surpreende ver emergir do desconhecimento novas formas taxonômicas, o que torna a conservação desse imenso patrimônio de biodiversidade algo verdadeiramente muito importante (ICMBio, 2018).

Entre os problemas que ameaçam a fauna silvestre, o atropelamento de animais é uma importante causa de mortalidade para várias espécies (OLIVEIRA e SILVA, 2012). É um problema pouco ressaltado entre as questões que envolvem a ameaça das espécies da fauna brasileira, e como já destacavam Rosa e Mauhs (2004), com o constante aumento da linha viária e do fluxo de veículos no país este é um impacto que deve ser considerado.

Conforme Lima e Obara, (2004), os atropelamentos ocorrem em função de dois aspectos principais: - a rodovia corta o habitat de determinado táxon, interferindo na faixa de deslocamento natural da espécie, o mesmo acontecendo para uma rodovia estabelecida em área de migração; - a disponibilidade de alimentos ao longo das rodovias, atuando como atrativo para fauna. Neste último caso, a presença de alimentos (grãos, sementes, frutas, plantas herbáceas, e mesmo carcaças de animais mortos) na pista ou próxima dela, atua como atrativo para os animais silvestres que têm estes hábitos alimentares, criando-se um ciclo de atropelamento.

Identificar os impactos das estradas sobre a fauna pode contribuir para o estabelecimento de ações que promovam a conservação (CUNHA et. al., 2015). Uma abordagem importante para mitigar efetivamente os atropelamentos em rodovias é localizar os pontos onde as mortes são concentradas (DORNELES, 2015). O monitoramento da fauna atropelada nas estradas se tornou uma ferramenta importante para determinar a perda da biodiversidade faunística, revelando aspectos da forma de deslocamento e dinâmica sazonal de populações de algumas espécies (STEIL et. al., 2016).

Estimativas mostram que mais de 15 animais morrem nas estradas brasileiras a cada segundo. Diariamente, devem morrer mais de 1,3 milhões de animais e ao final de um ano, até 475 milhões de animais selvagens são atropelados no Brasil (PORTAL CBEE, 2020). Os mamíferos pelas características comportamentais, tamanho e carisma são um dos grupos de vertebrados que necessitam mitigações para a mortalidade, visto que também estão entre os que mais morrem em rodovias (DORNELES, 2015), o que deve estar relacionado com a sua necessidade de amplas áreas de vida e capacidade de realizar grandes deslocamentos (LEHN e LEUCHTENBERGER, 2009).

Na última década o estudo sobre as espécies atropeladas em rodovias e seus impactos têm crescido consideravelmente, trabalhos como: HEGEL (2012), REIS (2015), PINHEIRO (2016), ZANETTI (2016), CRAVO (2018) e MEDEIROS (2019) tratam sobre o

assunto. Há uma busca incessante dos pesquisadores pelo conhecimento dos principais fatores na causa desses atropelamentos, bem como pela adequação das metodologias utilizadas para estudá-los e definição de medidas mitigadoras (SANTOS, 2017).

Embora muitas rodovias do Brasil apresentem sinalização indicando a travessia de animais, isso parece não ser suficiente (LEHN e LEUCHTENBERGER, 2009). O presente estudo tem por objetivo inventariar as espécies de vertebrados atropelados em um trecho da ERS 122, no município de São Sebastião do Caí. RS.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em um trecho da rodovia estadual ERS - 122, entre os quilômetros nove e vinte no município de São Sebastião do Caí, que fica 60 km distante da capital Porto Alegre. São Sebastião do Caí apresenta uma área territorial de 112,334 km² e população estimada em 25.685 habitantes (IBGE,2019).

Figura 1: Localização do município de São Sebastião do Caí, RS, Brasil.

Fonte: Wikipedia

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima no município é considerado subtropical úmido onde a temperatura média é 19.7°C com uma pluviosidade média anual de 1425 mm (Climate-data.org, 2019). Seu território é composto de 79% pelo bioma Mata Atlântica e 21% pelo bioma Pampa (INFOSANBAS, 2019). A área de estudo pertence ao tipo de vegetação Floresta Estacional Semidecidual, inserida no bioma Floresta Atlântica.

Ao longo do trecho podemos observar a planície de inundação que se forma durante as cheias do rio Caí, assim como trechos de mata preservada e áreas de campo, que são utilizadas para atividades como agricultura e agropecuária. Durante o trajeto também se observam muitos prédios comerciais e moradias próximos a rodovia.

O trajeto de onze quilômetros entre o limite sul (29°37’0.45”S, 51°19’42.91”W) e o limite norte (29°31’57”S, 51°21’23”W), é formado por pista dupla, onde a velocidade máxima permitida é de 80km/h, com variações de trechos com velocidade permitida de 60km/h. No mês de Outubro de 2020, foi instalado entre os quilômetros 15 e 16 um controlador de velocidade nos dois sentidos da pista. Próximo ao quilômetro onze da rodovia, os veículos se deslocam através de uma ponte sobre o arroio Cadeia, o que acontece da mesma forma no quilômetro dezenove, onde existe a passagem do arroio Paradiso, ambos afluentes do rio Caí.
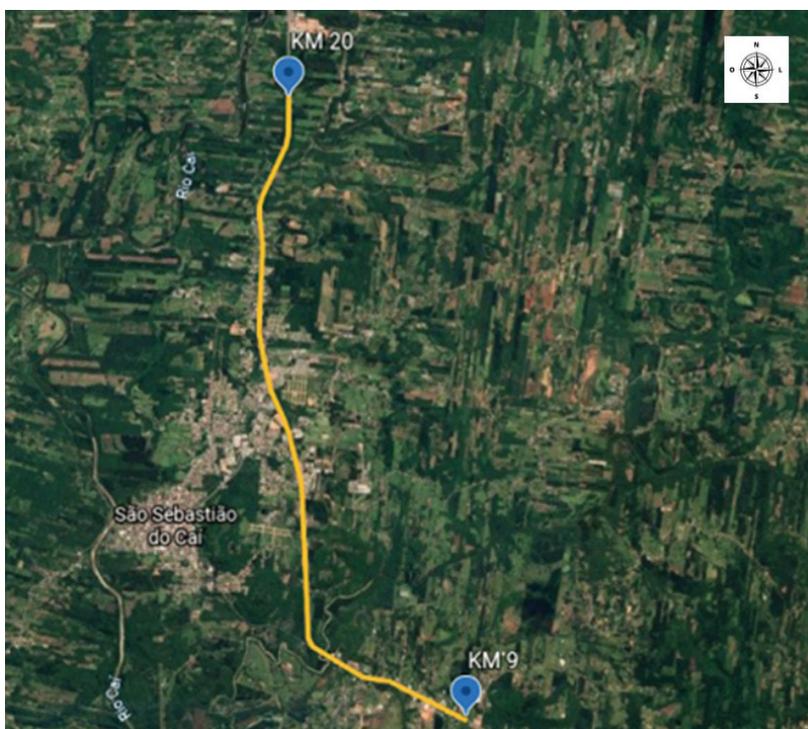
Figura 2: Imagem de satélite demarcando o trajeto que compõem o estudo.

Fonte: Google Earth.

2.2 Métodos Amostrais e Análise de Dados

O trecho entre os quilômetros nove e vinte, foi percorrido com um automóvel em velocidade reduzida de 60 Km/h possibilitando uma melhor visualização das carcaças, os

dados dos vertebrados silvestres foram coletados durante as manhãs de domingo, com a periodicidade de duas vezes ao mês. As amostragens ocorreram entre os meses de abril de 2020 a março de 2021, abrangendo um ano de inventariamento.

Os animais atropelados observados ao longo do trajeto foram fotografados com máquina digital NIKON COOLPIX S5300 e com smartphone Iphone 6s, de modo a permitir a identificação deles com o uso de bibliografia especializada. Foram contabilizados apenas os indivíduos que não apresentam estado avançado de putrefação e quando possível foi anotada a medida corporal total para cada grupo taxonômico. Também foram registrados dados como: data, hora, quilômetro em que ocorreu a amostragem e através de aplicativo de GPS tomadas às coordenadas geográficas do ponto.

Os dados de registro dos exemplares foram anotados em uma planilha de campo, para posterior análise e controle dos dados. Os vertebrados domésticos atropelados não foram amostrados no presente trabalho. Após os registros em campo, os animais foram retirados para fora da pista de rolamento de modo a evitar uma nova amostragem.

Os dados coletados em campo e as imagens obtidas foram transferidos para uma planilha eletrônica (Microsoft Excel), a fim de organizar melhor as informações.

Posteriormente, foi realizada a identificação dos exemplares com o uso de bibliografia especializada tais como: DEIQUES, et al. (2007), HADDAD (2008) e KWET e DI-BERNARDO (1999) para os anfíbios. MARQUES, et al. (2001), FREITAS (2003) e DEIQUES, et al. (2007) LEMA (2002) para os répteis. ACHAVAL, et al. (2004), EMMONS (1997), OLIVEIRA e CASSARO (2005) e SILVA (2014) REIS, et al. (2006), WEBER, et al. (2013) para os mamíferos. BELTON (1982), BENCKE (2010), FRANZ, et al (2018) e NAROSKY e YZURIETA (2006) para as aves. Também foram consultados taxônomos e chaves dicotômicas para auxiliar na identificação dos exemplares.

Para estabelecer a variação no número de atropelamentos ao longo das estações do ano e a ocorrência de uma provável sazonalidade nos acidentes, foi calculada uma distribuição de frequência mensal de exemplares atropelados, contabilizando o total de indivíduos por espécie registrada. Também foi contabilizado o total de espécimes das várias espécies registradas por atropelamento para cada um dos meses durante o período de estudo, para estabelecer-se qual a espécie é mais atingida (SOUZA, 2011). Com os dados das coordenadas geográficas de cada incidente, foram estabelecidos os trechos onde ocorrem os maiores números de atropelamentos, sendo estes dados registrados na plataforma do Google Earth, para observar as áreas onde há maior impacto sobre a fauna.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os 12 meses de amostragens e 24 incursões pela estrada, foram registrados 65 atropelamentos e identificadas 23 espécies de craniados (Tabela 1), distribuídos nas quatro classes tradicionais de tetrápodes: uma espécie de Amphibia, uma de Reptilia, 14

de Aves e sete de Mammalia.

		Meses												
Espécie	**Nome popular**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**Total de indivíduos**
Amphibia														
Rhinella icterica	Sapo-cururu					1								1
Reptilia														
Salvator merianae	Lagarto-teiú								1		1			2
Aves														
Piaya cayana	Alma-de-gato		1											1
Ortalis squamata	Aracuã-escamoso		1					1			1			3
Crotophaga ani	Anu-preto		1											1
Turdus rufiventris	Sabiá-laranjeira					1		2						3
Columba livia	Pomba-doméstica						1							1
Columbina picui	Rolinha-picui							1						1
Sicalis flaveola	Canário-da-terra							1						1
Vanellus chilensis	Quero-quero	2						1						3
Tangara sayaca	Sanhaçu-cinzento								1					1
Columbina talpacoti	Rolinha-roxa								1					1
Milvago chimango	Gavião-chimango	2							1					3
Furnarius rufus	João-de-barro								1					1
Milvago chimachima	Gavião-carrapateiro								1					1
Progne chalybea	Andorinha-doméstica-grande										1			1
Mammalia														
Didelphis albiventris	Gambá-de-orelha-branca	3	5	1	2	1	2	3	2		3	1	1	24
Dasypus novemcinctus	Tatu-galinha	2							1					3
Leopardus guttulus	Gato-do-mato-pequeno		1											1
Sphiggurus villosus	Ouriço-cacheiro				1	1		1	1			1	1	6
Cerdocyon thous	Graxaim-do-mato								1			1		2
Cavia aperea	Preá								1	1	1			3
Conepatus chinga	Zorrilho								1					1
Total de espécies									**23**					
Total de indivíduos/mês		9	9	1	3	4	3	10	13	1	7	3	2	65

Tabela 1: Espécies de vertebrados silvestres, nomes populares, número de atropelamentos mensais e totalizações, entre os meses de abril de 2020 e março de 2021, na ERS-122.

Durante todo o período uma variável que não estava prevista para o trabalho foi a pandemia mundial de Coronavírus (SARS-CoV-2), que direta ou indiretamente teve impacto no número de animais atropelados. Com isso ocorreram grandes variações nas

amostragens durante todo o período de um ano.

Pertencente a classe dos anfíbios, foi registrado apenas um indivíduo, *Rhinella icterica* (sapo-cururu), sua classificação é considerada pouco preocupante pela IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza). O site da ONG Amphibia Web (2021), traz a informação sobre a espécie que ocorre na Mata Atlântica, no sul e sudeste do Brasil, vivendo próximo a cursos de água, principalmente no seu período de reprodução, que acontece entre os meses de agosto e janeiro. O mesmo, foi observado no mês de agosto em um trecho próximo ao Arroio Cadeia. A observação de espécies de anfíbios atropelados é reduzida devido ao seu tamanho corpóreo e a dificuldade de identificação das carcaças, que acabam por muitas vezes descaracterizadas.

Salvator merianae (lagarto-teiú), possui hábitos diurnos, de alimentação generalista, que vai desde pequenos roedores a serpentes, é considerado o maior lagarto do Rio Grande do Sul, chegando a 50 cm de comprimento (Fauna Digital do RS, 2021). Possui atividade sazonal, hibernando entre os meses de abril a julho. Souza (2011) registrou três indivíduos, nos meses de janeiro, novembro e dezembro, período de maior atividade da espécie. No estudo atual os dois indivíduos foram encontrados nos meses de novembro e janeiro, confirmando a maior movimentação da espécie durante o verão.

O grupo com maior riqueza foi as Aves, com 14 espécies diferentes registradas, totalizando 22 indivíduos atropelados. Para quatro espécies foram registradas três carcaças ao longo de um ano: *Ortalis squamata*, *Turdus rufiventris*, *Vanellus chilensis* e *Milvago chimango*. Estas espécies adaptaram-se bem a áreas urbanas e antropizadas, aproveitando a atividade humana para se alimentar, costumam coletar grãos na beira das estradas, insetos ou como no caso do *M. chimango*, a carcaça de outros animais.

A maioria dos registros de aves ocorreu entre a primavera e o verão, época típica de acasalamento da maioria das espécies. A primavera é a época marcada pelo maior número de registro de modo geral. Todas as espécies registradas no presente estudo são consideradas pouco preocupantes segundo a IUCN, em relação à ameaça de extinção.

Em um dos primeiros estudos sobre o impacto dos veículos na avifauna do Brasil, Rosa e Mauhs (2004), consideram que a mortalidade seja decorrente das concentrações da vegetação arbórea-arbustiva às margens das rodovias, considerando que grande parte dos ambientes contíguos foram transformados em áreas de cultivo e pastagens, reduzindo a disponibilidade de locais de pouso para a avifauna. Soma-se a isto a coincidência do maior fluxo de veículos durante o dia, período de maior atividade da maioria das espécies de aves.

No que diz respeito à classe Mammalia foram registradas sete espécies diferentes, porém, totalizando 40 atropelamentos, ou seja, 61,5% do total de carcaças. A espécie que apresentou o maior número de registros (24) foi o *Didelphis albiventris* (gambá-de-orelha-branca), representando 37% do total de animais atropelados e dentro do grupo dos mamíferos, concentra 60% dos atropelamentos. Seu grau de ameaça, segundo a IUCN, é

considerado pouco preocupante.

Assim como o gambá, o *Sphiggurus villosus* (ouriço-cacheiro), sofre muito com a antropização do seu habitat, sendo a segunda espécie de Mammalia mais atingida pelos atropelamentos, com seis carcaças, totalizando 9,2% do total de animais. Apresenta hábitos noturnos e arborícolas, e sua principal fonte de alimentação são folhas, flores e frutos. Seu grau de ameaça é pouco preocupante pela IUCN.

O *Dasypus novemcinctus* (tatu-galinha) foi registrado três vezes durante toda a amostragem. Segundo a classificação da IUCN o tatu-galinha é avaliado como menos preocupante, é considerada a segunda maior espécie do gênero e sendo a que apresenta a maior distribuição geográfica dentre as espécies de Xenarthra, segundo dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2015).

Em maio de 2020, foi registrado o atropelamento de *Leopardus guttulus* (gato-do-mato-pequeno). Segundo a IUCN é classificado como espécie Vulnerável, e apresenta uma ampla distribuição geográfica pelo Brasil, O Instituto Pró-Carnívoros (2020) esclarece que seus hábitos são tanto diurnos como noturnos, sendo muito semelhante a um gato doméstico, vivem solitários e de alimentação carnívora.

Em um estudo anterior, desenvolvido no mesmo trecho da rodovia, Souza (2011) registrou 118 exemplares de craniados silvestres atropelados (Tabela 2). A espécie mais impactada também foi *Didelphis albiventris,* representando 47,5% do total de atropelamentos. Portanto, o presente estudo (com 24 registros de atropelamentos do gambá-de-orelha-branca), corrobora os dados anteriores e confirma o atropelamento como forte ameaça à espécie.

Souza (2011) observou dez espécies que não foram registradas no presente estudo, porém, foram apontados oito novos registros. No somatório dos dois trabalhos, 183 exemplares foram atropelados e 33 espécies sofrem o impacto direto do trânsito na rodovia.

		Fontes dos dados	
		Souza, 2011	**Gervasoni, 2021**
Espécie	**Nome popular**	**Total de indivíduos**	**Total de indivíduos**
Amphibia			
Rhinella ictérica	Sapo-cururu	1	1
Leptodactylus ocellatus	Rã-manteiga	3	-
Reptilia			
Salvator merianae	Lagarto-teiú	3	2
Aves			
Piaya cayana	Alma-de-gato	1	1

Ortalis squamata	Aracuã-escamoso	1	3
Crotophaga ani	Anu-preto	2	1
Turdus rufiventris	Sabiá-laranjeira	3	3
Columba livia	Pomba-doméstica	-	1
Columbina picui	Rolinha-picui	1	1
Sicalis flaveola	Canário-da-terra	-	1
Vanellus chilensis	Quero-quero	2	3
Tangara sayaca	Sanhaçu-cinzento	-	1
Columbina talpacoti	Rolinha-roxa	-	1
Milvago chimango	Gavião-chimango	-	3
Furnarius rufus	João-de-barro	1	1
Milvago chimachima	Gavião-carrapateiro	-	1
Progne chalybea	Andorinha-doméstica-grande	-	1
Pitangus sulphuratus	Bem-te-vi	1	-
Guira guira	Anu-branco	1	-
Chloroceryle americana	Martim-pescador-pequeno	1	-
Coragyps atratus	Urubu-de-cabeça-preta	1	-
Podager nacunda	Corucão	1	-
Nyctidromus albicollis	Bacurau	1	-
Mammalia			
Didelphis albiventris	Gambá-de-orelha-branca	56	24
Dasypus novemcinctus	Tatu-galinha	8	3
Leopardus guttulus	Gato-do-mato-pequeno	-	1
Sphiggurus villosus	Ouriço-cacheiro	6	6
Cerdocyon thous	Graxaim-do-mato	9	2
Cavia aperea	Preá	10	3
Conepatus chinga	Zorrilho	1	1
Lepus capensis	Lebre	1	-
Galictis cuja	Furão	1	-
Procyon cancrivorus	Mão-pelada	2	-
Total de espécies por ano		**25**	**23**
Total de espécies		**33**	
Total de indivíduos por ano		**118**	**65**
Total de indivíduos		**183**	

Tabela 2: Espécies de vertebrados silvestres atropeladas por fonte de dados, nomes populares, número de atropelamentos e totalizações, na ERS-122.

Os trechos da ERS 122 que mais registram atropelamentos foram os Km15-Km16, Km13-Km14, Km09-Km10 e Km16-Km17 que justos somam 35 mortes, representando 53,8% do total (Fig.3). Em comparação os trechos subsequentes, Km18-Km19 e Km19-

Km20 tem os menores registros, respectivamente 01 e 02 indivíduos encontrados no trajeto, destes, o *L. guttulus* é a única espécie entre os quilômetros 18 a 19.
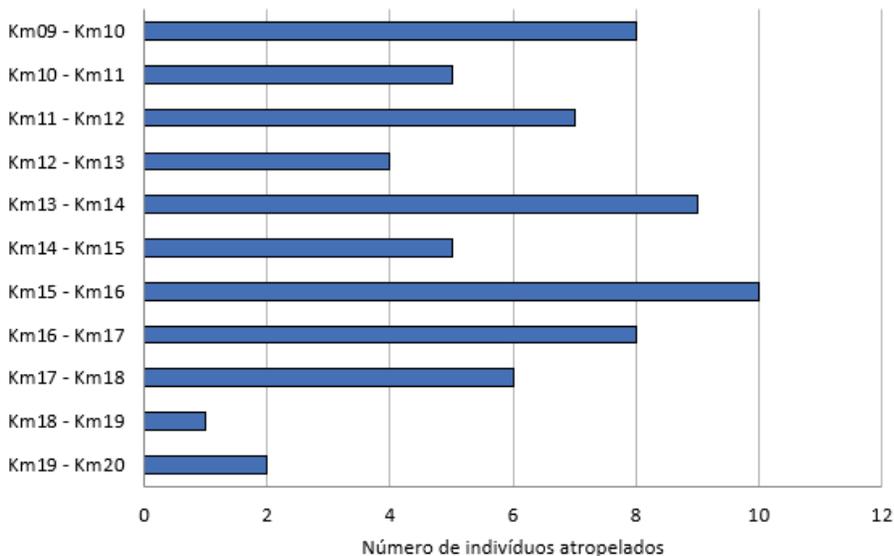
Figura 3: Número total de animais silvestres atropelados por quilômetro monitorado entre os meses de abril de 2020 e março de 2021, na ERS-122.

No estudo de Souza (2011), os trechos mais críticos eram os Km10-Km11, Km12-Km13, Km17-Km18 e Km18-Km19 que compreendiam 48% do total de atropelamentos, atualmente os mesmos quilômetros representam apenas 25% do total. Portanto, temos uma alteração nos trechos com incidências de atropelamentos, o que pode estar relacionado as mudanças estruturais nas margens da rodovia, alterando pontos de passagens de fauna.

No local, podemos observar entre os quilômetros 18 a 20 trechos remanescentes de mata preservada próximo à rodovia, assim como no trecho entre os quilômetros 11 a 13. A preservação destes trechos pode se explicar pela presença de curso de água, o arroio Paradiso próximo ao quilômetro 19 e entre o trecho dos quilômetros 11 e 12 percorre o arroio Cadeia. Com o crescimento da urbanização das cidades, os pequenos trechos preservados acabam por concentrar a fauna local.

Os trechos mais críticos em número de atropelados ficam próximos a áreas mais urbanizadas da cidade ou com grandes construções próximo à rodovia, possuindo poucos fragmentos de mata preservada. São trechos com maior movimento de carros e pessoas que indiretamente podem contribuir para o número elevado de mortes.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo dados da Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), o número de veículos registrados no posto de pedágio do município de Portão, 681.326 veículos deixaram de passar pelo local de 2019 para 2020, uma redução 12,7% no tráfego. O principal motivo para esta redução é mudança do comportamento humano, em função da pandemia, conforme noticiado no jornal NH, a região teve um decréscimo de 90% do seu tráfego, no início da proliferação do vírus em 2020, que se deve ao decreto estadual que proíbe a aglomeração de pessoas e a circulação de veículos de transporte coletivo interestadual.

Durante os primeiros meses do ano de 2021 o tráfego de veículos houve um pequeno aumento de circulação de automóveis, mas não alcançando os números de registros no período anterior a pandemia.

O isolamento social, influenciou na diminuição do tráfego de veículos nas estradas, desta forma, a presença da fauna nas ruas e rodovias se intensificou. Segundo o jornal Correio Braziliense (2021), a redução do tráfego de veículos pode ter se refletido em menos acidentes, mas aumentou consideravelmente o risco, pois, os animais acabam por sair de suas tocas e realizar a travessia nas estradas.

O Sistema Urubu, desenvolvido pelo Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, mostra dados de registros de atropelamentos realizado por usuários em todo o território brasileiro, e dentre as espécies mais afetadas se encontra o *Cerdocyon thous* (Graxaim-do-mato), que de 2000 a 2020 foram encontrados 2.049 indivíduos atropelados. As espécies de gambá (*D. aurita e D. albiventris*) vem logo na sequência, que juntos somam 4.000 atropelamentos (2.032 registos para *D. aurita* e 1.968 para *D. albiventris*) nesse período de vinte anos.

O número de atropelamentos tente a se elevar em determinadas épocas, como períodos de acasalamento, no artigo de Rebelato (2010) sobre a Avifauna atropelada em São Gabriel, RS, afirma-se que o número de casos de acidentes com as aves aumenta no verão, devido a maior atividade das espécies e reduzindo gradativamente nos meses mais frios. Em espécies ameaçadas de extinção, que normalmente apresentam populações reduzidas, mesmo a perda de poucos indivíduos pode ter reflexos negativos na manutenção da população (CUNHA ET AL., 2015).

Entretanto, o número de espécies afetadas pode ser ainda maior, pois se tem uma dificuldade grande em se observar espécies de pequeno porte de dentro do veículo em movimento, além da possibilidade de alguns indivíduos terem saído dos limites da estrada, não sendo visualizados e por consequência não foram registrados.

A imprudência dos motoristas com a retirada dos radares de velocidade na ERS-122 é um fator que contribui para os números atuais de atropelamentos, em 2011 o trecho de estudo contava com quatro radares eletrônicos e somente em outubro de 2020 foi ativado novamente um dos radares entre os Km 15-16, os demais radares foram retirados.

Não somente os animais silvestres sofre das consequências dos atropelamentos, mas também os domésticos, como gatos e cachorros, que durante as amostragens foram observados mortos na estrada, mas não foram registrados neste trabalho.

Com dados obtidos pelo Comando Rodoviário da Brigada Militar (2021), durante o período de amostragem se registram 27 acidentes no mesmo trecho, envolvendo 46 veículos, 26 pessoas feridas e 2 mortes e podemos observar que um dos trechos com mais acidentes também é um dos que mais possui atropelamentos. No quilômetro 9 ocorreu oito acidentes entre os meses de abril de 2020 e março de 2021 e o quilômetro 10 ocorreram quatro incidentes, neste trecho o número de feridos foi de 14 indivíduos. O quilômetro 16 registrou uma das duas mortes que aconteceram neste período e três acidentes.

Através dos dados obtidos neste estudo podemos concluir a importância de se aplicar medidas mitigadoras para a proteção tanto da vida silvestre como dos humanos que utilizam a ERS 122 no seu dia a dia. A EGR, responsável pelo gerenciamento da rodovia, possui entre o seu Projeto Básico de Gestão Ambiental (PBA) o Programa de Proteção e Monitoramento de Fauna, que visa monitorar os impactos dos atropelamentos e propor medidas para a diminuição ou eliminação da mortalidade da fauna silvestre, o programa é responsável por realizar o levantamento da fauna que é atropelada, reformular e adequar as margens das rodovias, passagens e cursos de água, além de executar atividades de educação ambiental.

Após 10 anos pouco foi realizado para que a vida silvestre no local fosse preservada, se faz necessário mais estudos para identificar trechos de passagem de animais para aplicar medidas mitigatórias, como, por exemplo, túneis subterrâneos de passagem, cercas teladas para direcionar a passagem de animais e uso de sinalização com placas nos trechos com maior incidência de atropelamentos.

Estas ações mitigatórias precisam ser testadas e a longo prazo, assim como a educação ambiental, apresentam excelentes resultados, porém aplicando medidas de redução de velocidade os resultados são mais imediatos conforme Bagatini (2006). Outra medida que parece evitar alguns atropelamentos, seria manter a vegetação baixa a margem da rodovia, pois se amplia o campo de visão.

REFERÊNCIAS

AMPHIBIA WEB. ***Rhinella icterica***. Disponível em: <https://amphibiaweb.org/species/200> Acesso em: 01 de mai. de 2021.

ÁVILA, M. C. do N**. "Distribuição da família Didelphidae (Mammalia, Didelphimorphia) no Rio Grande do Sul, Brasil."** 2012. 62f. Dissertação Pós-graduação *Lato Sensu,* na área de Especialização em Diversidade e Conservação de Fauna. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.

BAGATINI, T. **“Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da estação ecológica águas emendadas, DF, Brasil, e eficácia das medidas mitigadoras.”** 2006. 74f. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

BAPTISTA, G. **KM 22,5, onde deve ser o novo pedágio na RS 122, fica em Bom Princípio.** Jornal Fato Novo, São Sebastião do Caí, RS, 28 de mai. de 2021. Disponível em: < https://fatonovo.com.br/cidades/bomprincipio/km-225-onde-deve-ser-o-novo-pedagio-na-rs-122-fica-em-bom-principio/> Acesso em: 13 de jun. de 2021.

BAPTISTA, G. **Média de 500 multas por dia no radar na RS 122.** Jornal Fato Novo, São Sebastião do Caí, RS, 05 de mar. de 2019. Disponível em: <https://fatonovo.com.br/destaque/media-de-500-multas-por-dia-no-radar-na-rs-122/> Acesso em: 31 de mai. de 2020.

Comando Rodoviário da Brigada Militar. **Resumo de Acidentes**. 2021. Disponível em: < https://crbm.bm.rs.gov.br/resumo-de-acidentes/> Acesso em: 01 de jun, de 2021.

CRAVO, A. P. B. **Dos Impactos à Conservação da Fauna: a implantação do campus Lagoa do Sino e a incidência de atropelamentos de animais silvestres**. 2018, 68 p. Dissertação de Mestrado em Conservação de Fauna. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2018.

CUNHA, G. G.; HARTMANN, M. T.; HARTMANN, P. A. **Atropelamentos de vertebrados em uma área de Pampa no sul do Brasil**. Ambiência, Guarapuava, PR. v. 11, n. 2, p. 307–320, jan./Abr. 2015.

DORNELES, S. S. **Impactos da duplicação de rodovias: variação da mortalidade de fauna na BR 101 Sul**. 2015, 70 p. Dissertação de doutorado em Ciências (Ciências Biológicas). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2015.

EGR. Empresa Gaúcha de Rodovias. **Volume de Tráfego**. 2021. Disponível em: <https://www.egr.rs.gov.br/conteudo/1716/volume-de-trafego> Acesso em: 17 de abr. de 2021.

FAUNA DIGITAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Teiú**. Disponível em: < https://www.ufrgs.br/faunadigitalrs/teiu-salvator-merianae/> Acesso em: 17 de mai. de 2021.

GOOGLE EARTH - MAPAS. Disponível em: <https://earth.google.com/web/> Acesso em: 25 de mai. de 2020.

HEGEL, C. G. Z. **Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul**. Biotemas, Florianópolis, SC. v. 25, n. 2, p. 165–170, jun. 2012.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Avaliação do Risco de Extinção dos Xenartros Brasileiros**. Brasília, DF. ICMBio/MMA, 2015. 250p.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Volume I / --1. ed. -- Brasília, DF. ICMBio/MMA, 2018. 492 p.

INSTITUTO PRÓ-CARNÍVOROS. **Gato-do-mato-pequeno.** Disponível em: <http://procarnivoros.org.br/animais/gato-do-mato-pequeno-leopardus-guttulus/> Acesso em: 24 de maio de 2020.

KAFRUNI, S.; SOUZA. R. **Acidentes em estradas tiram a vida de milhões de animais por ano no Brasil.** Correio Braziliense, Brasília, DF, 09 de ago. de 2020. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2020/08/4867269-travessia-dos-inocentes.html> Acesso em: 24 de mai. de 2021.

LEHN, C. R.; LEUCHTENBERGER, C**. A vida pede socorro nas estradas.** Revista Vida & Arte, São José do Rio Preto, p. 36 - 36, 05 mar. 2009.

LIMA, S.F.; OBARA, A.T. **Levantamento de animais silvestres atropelados na BR-277 às margens do Parque Nacional do Iguaçu: subsídios ao programa multidisciplinar de proteção à fauna.** VII Semana de Artes da Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá. 2004.

MEDEIROS, A. **Vertebrados atropelados na Amazônia: Monitoramento em longo prazo, Influência do fluxo de veículos e Alternância de Hotspots em um trecho da Rodovia BR-174, Brasil.** 2019.49 f. Dissertação em Mestrado em Biologia (Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, AM, 2019.

OLIVEIRA, D. DA S.; SILVA, V. M. DA. **Vertebrados silvestres atropelados na BR 158, RS, Brasil.** Biotemas, Florianópolis, SC, v. 25, n. 4, p. 229–235, dez. 2012.

ORLANDIN, E., PIOVESAN, M., FAVRETTO, M. A., & D'AGOSTINI, F. M. **Mamíferos de médio e grande porte atropelados no Oeste de Santa Catarina, Brasil**. Biota Amazônia, Macapá, AP, v. 5, n .4, 125–130, dez. 2015.

PINHEIRO, P. F. **Entendendo o viés de detecção nos atropelamentos de fauna: avaliação de método, variação entre os observadores e atributos das carcaças**. 2016, 35 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.

PORTAL CBEE, **Atropelamento**, 2020. Disponível em: http: <//cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>. Acesso em: 08 de março de 2020.

REBELATO, Marluci Müller. **Avifauna atropelada em um trecho da br-290 no município de São Gabriel, RS, Brasil.** 2010. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Ciências Biológicas Bacharelado). Universidade Federal do Pampa. Campus São Gabriel. São Gabriel, RS, 2010.

REIS, T. **Diagnóstico dos pontos mais críticos de Atropelamento de Mamíferos silvestres no trecho da BR 293, que corta a Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã, Rio Grande do Sul, Brasil.** 2015, 26 p. Dissertação de Pós-graduação em *Lato Sensu,* na área de Inventariamento e Monitoramento de Fauna. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

ROSA, A. O.; MAUHS, J. **Atropelamento de Animais Silvestres na Rodovia RS - 040**. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, Santa Cruz do Sul, RS, v. 16, n. 1, p. 35-42, jan./jun. 2004.

SANTOS, R. **Dinâmica de Atropelamento de Fauna Silvestre no Entorno de Unidades de Conservação do Distrito Federal**. 2017, 145 p. Dissertação de Doutorado em Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília, RS, 2017.

SOUZA, T**. Levantamento de vertebrados silvestres atropelados em um trecho da rodovia RS - 122, São Sebastião do Caí, Rio Grande do Sul, Brasil.** 2011. 12 f. Monografia (Artigo de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2011.

STEIL, L.; DÜPONT, A.; LOBO, E. A. **Levantamento da fauna silvestre atropelada na BR 290 (km 210 a 214), município de Pantano Grande, RS, Brasil**. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, Santa Cruz do Sul, RS, v. 28, n. 1, p. 13–23, 2016.

TRÂNSITO nas rodovias estaduais e federais têm redução de 90% na região. Jornal NH. Novo Hamburgo. 22 de mar. de 2020. Disponível em: <https://www.jornalnh.com.br/noticias/especial_coronavirus/2020/03/22/transito-nas-rodovias-estaduais-e-federais-tem-reducao-de-90--na-regiao.html> Acesso em: 06 de mai. de 2020.

VOGEL. M. **Pedágio da ERS 122 deve mesmo ficar em São Sebastião do Caí.** Jornal Primeira Hora. Bom Princípio. 17 de mai. de 2021. Disponível em: <https://www.primeirahora.rs/web/noticias/20498/pedgio-da-ers-122-deve-mesmo-ficar-em-so-sebastio-do-ca> Acesso em: 13 de jun. de 2021.

WIKIPÉDIA, São Sebastião do Caí. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Sebasti%C3%A3o_do_Ca%C3%AD> Acesso em: 25 de mai. de 2020.

ZANETTI, C. P. **Identificação dos fatores influentes em atropelamentos de mamíferos silvestres na rodovia BR-116, trecho de Guaíba – Pelotas (RS).** 2016, p. 93. Dissertação de Mestrado em Avaliação dos Impactos Ambientais. Centro Universitário La Salle, Canoas, RS, 2016.

CAPÍTULO 10

O MÉTODO RAPELD NA PADRONIZAÇÃO DE AMOSTRAGENS PARA ESTUDOS DE ECOLOGIA DE MOLUSCOS TERRESTRES

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 21/07/2021

Jaqueline Lopes de Oliveira
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução (UERJ)
Rio de Janeiro, RJ
http://lattes.cnpq.br/5006130976640524

Mariana Castro de Vasconcelos
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução (UERJ)
Rio de Janeiro, RJ
http://lattes.cnpq.br/8660617419665021

Sonia Barbosa dos Santos
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução (UERJ)
Rio de Janeiro, RJ
http://lattes.cnpq.br/0960981759851965

RESUMO: A metodologia RAPELD (Inventários Rápidos em Projetos Ecológicos de Longa Duração) é considerada extremamente importante para a consolidação de pesquisas ecológicas de longo prazo no Brasil, pois ao usar um delineamento amostral padronizado permite a comparação de diferentes áreas e biomas; além da instalação rápida e relativamente de baixo custo, esta metodologia proporciona a investigação dos processos ecológicos que moldam a biodiversidade em uma escala temporal de longo prazo. O objetivo deste texto é apresentar a metodologia desenvolvida pelo Laboratório de Malacologia Límnica e Terrestre da UERJ, segundo nossa experiência em uma grade RAPELD instalada na Ilha Grande, Rio de Janeiro, visando a padronização de coletas de moluscos terrestres. Propusemos a utilização de 10 pontos de coleta em cada parcela de 250m. Em cada ponto se realiza a coleta direta durante 15min por quatro coletores buscando por conchas e animais vivos em microhabitats favoráveis como troncos caídos e perto de pedras; também se recolhe a serapilheira contida em *quadrats* de 25x75 cm. Em cada ponto de coleta se obtêm dados abióticos como a profundidade e umidade da serapilheira, temperatura e pH do solo, temperatura e umidade do ambiente, luminosidade e fechamento do dossel. Esperamos que este trabalho seja um estímulo para que outros grupos efetuem estudos de ecologia de moluscos terrestres utilizando a metodologia RAPELD.
PALAVRAS - CHAVE: Ecologia de moluscos, inventários, Mata Atlântica, pesquisas de longa duração

THE RAPELD METHODOLOGY IN THE STANDARDIZATION OF SAMPLES FOR ECOLOGY STUDIES OF TERRESTRIAL MOLLUSCS

ABSTRACT: The RAPELD methodology (Rapid Inventories in Long-Term Ecological Projects) is considered extremely important for the consolidation of long-term ecological research in Brazil, because the use of a standardized sample design allows the comparison of different áreas

and biomes; in addition to the rapid and relatively low-cost installation, this methodology provides research about ecological processes that shape biodiversity in the long term temporal scale. The aim of this text is to present the methodology developed by the Laboratory of Limnic and Terrestrial Malacology of UERJ, according to our experience in a RAPELD grid installed in Ilha Grande, Rio de Janeiro, aiming the standardization of collections of terrestrial snails. We proposed the use of 10 collection points in each plot of 250m. At each point, four collectors searching for shells and live animals, for 15 min, in favorable microhabitats such as fallen trunks and near stones; the leaf litter contained in quadrats of 25x75 cm is also collected. At each collection point, abiotic data such as leaf litter depth and humidity, soil temperature and pH, ambient temperature and humidity, luminosity and canopy closure are obtained. We hope this study could be a stimulus for other groups to carry out studies of ecology of terrestrial snails using the RAPELD methodology.
KEYWORDS: Land snails ecology, inventories, Atlantic Forest, long-term researchs

1 I INTRODUÇÃO

Os gastrópodes terrestres formam um dos grupos de invertebrados mais ameaçados especialmente pela destruição de habitats, introdução de espécies exóticas e alterações climáticas (LYDEARD et al., 2004; COWIE et al., 2017); no entanto, as pesquisas sobre estes animais ainda são insuficientes, sendo de extrema importância o investimento em estudos sobre composição, taxonomia e efeitos dos fatores ambientais sobre as comunidades de moluscos nas regiões tropicais (NUNES; SANTOS, 2012).

Um dos fatores que dificultam a comparação de dados procedentes de diversas regiões é a falta de padronização de metodologias de coleta, tanto em relação ao amanho das áreas trabalhadas como em relação aos métodos de coleta utilizados. Uma revisão da literatura mostra que cada autor trabalha com áreas diferentes e utiliza vários parâmetros para relacionar a riqueza e abundância de moluscos em uma determinada área com as características ambientais. Uma sugestão de padronização de coleta dos dados abióticos foi proposta por Menez (2002).

No sentido de desenvolver uma padronização que permita a comparação da fauna de moluscos terrestres em diferentes biomas, o Laboratório de Malacologia da UERJ iniciou em 2012 estudos com a aplicação da metodologia RAPELD (Levantamentos Rápidos em Pesquisas de Longa Duração) na Ilha Grande, município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro, situada no domínio da Mata Atlântica.

O RAPELD (componente RA – inventário rápido; componente PELD – pesquisas ecológicas de longa duração) é uma modificação do método de parcelas de 0,1 ha elaborado por Gentry (1982), proposta por Magnusson et al. (2005) para utilização em pesquisas de longo prazo na Amazônia brasileira, de forma a permitir inventários rápidos. A principal modificação é que as parcelas de amostragem são longas e estreitas, com o maior eixo orientado ao longo das curvas de nível do terreno (Figura 1). Assim, é possível minimizar

a variação interna de topografia e solo em cada parcela, permitindo o uso destas variáveis como preditoras das distribuições de espécies (MAGNUSSON et al., 2005).
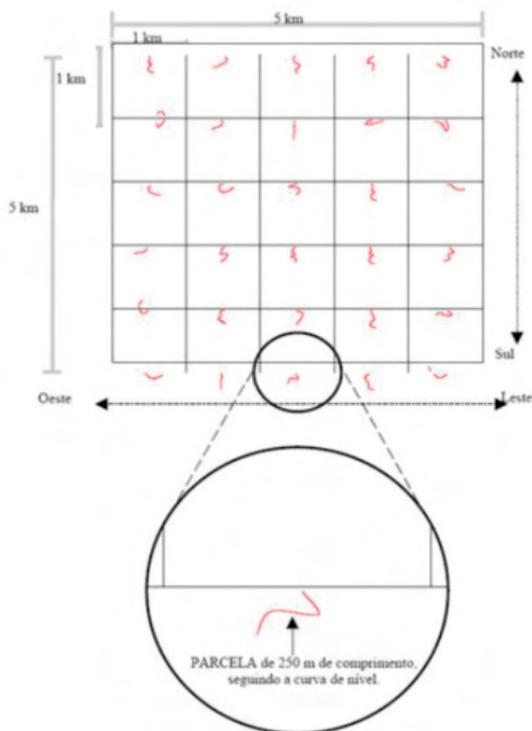
Figura 1: Esquema de um Sítio RAPELD conforme proposto por MAGNUSSON et al. (2010). Sistema trilhas em forma de grade de 5 km x 5 km sobre a qual parcelas permanentes de 250m são distribuídas sistematicamente, seguindo as curvas de nível..

Fonte: MAGNUSSON et al (2010)

O método RAPELD foi desenvolvido principalmente para o desenvolvimento de programas de monitoramento da biodiversidade, permitindo a comparação dos mesmos grupos biológicos em diferentes biomas brasileiros e, entre grupos diferentes em uma mesma região. Através da metodologia RAPELD é possível fazer o inventário rápido da fauna e da flora e obter dados padronizados, que vão atender a diferentes projetos, além de possibilitar a integração entre diferentes estudos (pedologia, topografia, meteorologia, etc.). A outra vantagem é a redução dos custos para a obtenção de dados, pois várias equipes podem utilizar as mesmas parcelas e os mesmos dados, além de otimizar as coletas de organismos (MAGNUSSON et al., 2005, 2010, 2013). Esta metodologia garante a execução de estudos integrados que oferecem mais e maior confiabilidade das informações sobre as comunidades biológicas, fornecendo subsídios para melhorar projetos de monitoramento e manejo para a conservação.

As pesquisas que utilizam a metodologia RAPELD estão inseridas no Componente Inventários do Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio), criado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em 2004 (ROSA et al., 2021) e financiado pelo CNPq. Atualmente existem por volta de 130 sítios de coleta instalados no Brasil, que utilizam a metodologia RAPELD, a maioria localizada na Amazônia e na Mata Atlântica (BERGALLO et al., 2021). Uma lista e mapa de localização de alguns dos sítios RAPELD pode ser acessada em https://ppbio.inpa.gov.br/sitios.

> "Na Ilha Grande foram instalados a partir de 2010, com a aprovação do edital Pensa Rio (E-26/110.284/2010) da FAPERJ, com o projeto "Diversidade Biológica na Ilha Grande: uma análise sintética dos processos e base para pesquisas de longa duração", concedido à Helena de Godoy Bergallo, envolvendo uma equipe de 15 pesquisadores de seis instituições parceiras (UERJ, PUC-Rio, JBRJ, UFF, UFRRJ, Embrapa Agrobiologia) e com o apoio do INEA (Instituto Estadual de Ambiente). Cada módulo mede $5km^2$, subdividido em áreas de $1Km^2$. O módulo leste possui 10 parcelas (5 km2) e está inserido no PEIG, em áreas de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana. O módulo oeste possui 9 parcelas e abrange áreas de Formação Pioneira de influência marinha (restinga), fluvio-marinha (mata alagadiça e manguezal) e de Floresta Ombrófila Densa Submontana. (PPBIO, 2021).

Atualmente a rede PPBio Mata Atlântica conta com o Núcleo regional Sudeste com Sítios RAPELD localizados no Rio de Janeiro (Sítio Ilha Grande, Reserva Biológica do Tinguá e Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba) e Espírito Santo (Reserva Natural Vale e Reserva Biológica Sooretama).

Os resultados obtidos pelos diferentes sítios que utilizam a metodologia RAPELD em grande parte focam organismos como as plantas, fungos, peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos e alguns invertebrados, especialmente os artrópodes (MAGNUSSON et al., 2003; BERGALLO et al., 2021). Uma lista de publicações (artigos, livros, guias de identificação entre outros), muitas delas com acesso livre disponível, é permanentemente atualizada na página https://ppbio.inpa.gov.br/en/Publications.

2 | ESTUDOS COM MOLUSCOS UTILIZANDO A METODOLOGIA RAPELD

O Laboratório da Malacologia da UERJ foi o pioneiro na realização de levantamentos de moluscos terrestres utilizando a metodologia RAPELD. (SANTOS et. al., 2014; OLIVEIRA; SANTOS, 2013, 2016). Nossos estudos foram realizados no Sítio Ilha Grande, onde foram instalados dois módulos RAPELD, um no Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG) e outro na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, nomeados como Módulos Leste e Módulo Oeste, respectivamente (Fig. 2, 3). Os trabalhos por ora foram desenvolvidos apenas no módulo Leste. Desses estudos resultaram duas dissertações de mestrado (OLIVEIRA, 2015; VASCONCELOS, 2015), cujos resultados estão sendo organizados para publicação.
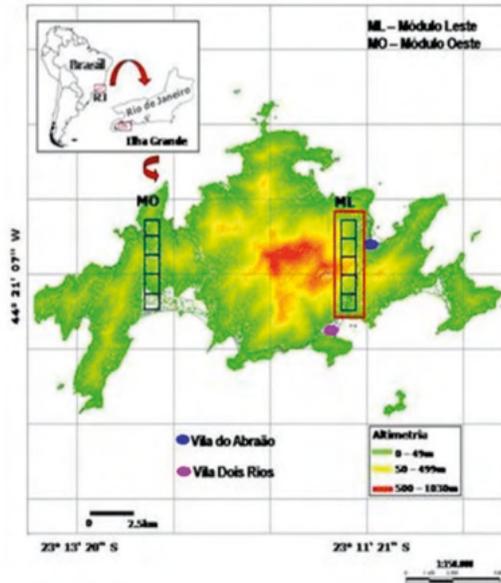
Figura 2 - Mapa da Ilha Grande com a localização dos Módulos Leste (ML, destacado em vermelho) e Oeste (MO), instalados segundo a metodologia RAPELD, na Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil

Fonte: SANTOS; OLIVEIRA; VASCONCELOS (2014) - modificado.
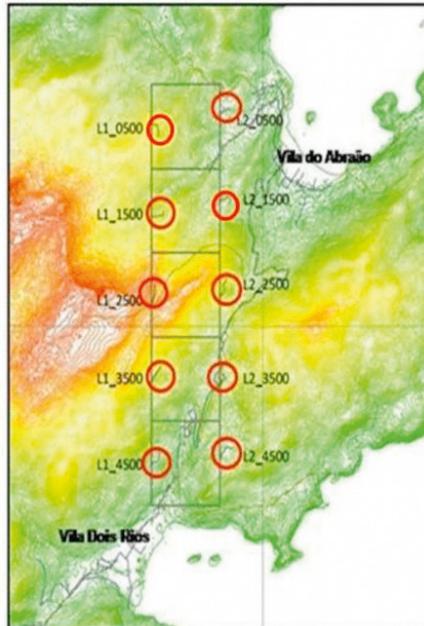
Figura 3 – Detalhe do Módulo Leste indicando a localização das parcelas (círculos vermelhos) instaladas segundo a metodologia RAPELD, na Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil

Fonte: SANTOS; OLIVEIRA; VASCONCELOS (2014) - modificado

Em 2018, o Núcleo Regional PPBio em Humaitá – AM, realizou uma testagem de um protocolo para coletas de moluscos terrestres e dulceaquícolas nas parcelas PPBio, localizadas na reserva florestal de Humaitá – ACRE, com intuito de atestar a eficácia do método. Concluíram que o protocolo garante resultados através do registro de ocorrência de algumas espécies de gastrópodes terrestres para a região, no entanto, indicaram que as coletas ainda não foram finalizadas (LIMA et al., 2018).

Mais recentemente Esteves et al. (2020) desenvolveram levantamento da malacofauna terrestre, associando a riqueza, abundância e composição aos fatores ambientais em 24 parcelas RAPELD instaladas na Reserva Biológica de Sooretema, Espírito Santo, cujos dados, ainda não publicados, serão objeto de Tese de Doutorado do primeiro autor.

3 I METODOLOGIA PARA COLETA DE MOLUSCOS TERRESTRES EM PARCELAS RAPELD

3.1 Estabelecimento das parcelas

Cada parcela apresenta 250m de comprimento, seguindo as curvas de nível, marcadas a cada 10 metros com um piquete feito com cano de PVC, para melhor orientação (Fig. 4). As parcelas apresentam uma faixa para amostragens múltiplas, um corredor central, uma faixa sensível e uma faixa para amostragem de árvores (Figura 5). As coletas dos moluscos terrestres foram realizadas na faixa de amostragens múltiplas. Nas parcelas que cruzaram terreno inapropriado como presença de rochas, leito de rio, ou muita inclinação, aumentamos a distância entre os pontos, até que fosse possível uma boa área para a busca dos moluscos, buscando uniformidade na amostragem. Os trechos subtraídos foram adicionados ao final da parcela.

Figura 4: Aspecto de trecho de corredor central de uma parcela. As setas brancas indicam os piquetes usados para a marcação dos segmentos.

Fonte: VASCONCELOS (2015)

3.2 Pontos de coleta

Estipulamos os pontos de coleta a cada 25 metros, a partir do segmento zero da parcela, totalizando 10 pontos (Figura 5). Com a trena, estabelecemos a distância de cinco metros do corredor central para dentro da faixa para amostragens múltiplas (para reduzir o efeito do pisoteamento do solo) e, a partir dessa distância, iniciamos a coleta dos moluscos.
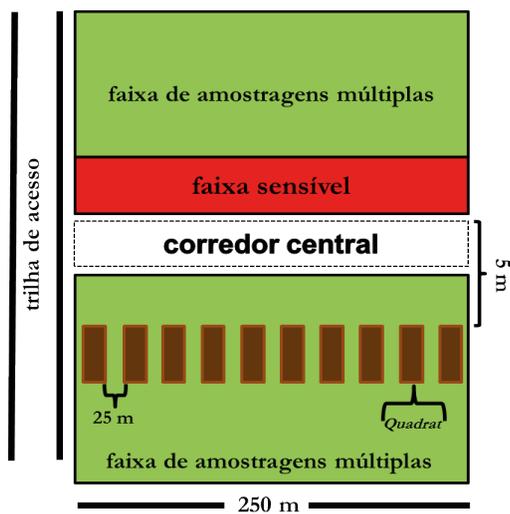
Figura 5 - Esquema geral de uma parcela RAPELD. A trilha de acesso localizada a esquerda; corredor central representado pela linha tracejada; faixa sensível representada pela cor vermelha; faixa para amostragens múltiplas indicada pelos retângulos verdes. Posicionamentos dos *quadrats* para a coleta da serapilheira representado pelos retângulos marrons. Linha preta abaixo da figura indica o comprimento total da parcela. O colchete ao lado direito indica a distância do corredor central até a área para a coleta direta dos moluscos. O colchete entre os quadrats indicam a distância entre eles.

Fonte: OLIVEIRA (2015)

3.3 Coleta dos moluscos

Utilizamos dois métodos distintos, a coleta de serapilheira e a coleta direta, utilizando protocolos de coleta baseados em Monteiro e Santos (2001); Nunes e Santos (2012) e Nunes (2013) tendo em vista ampliar a probabilidade de encontrar os moluscos.

A coleta de serapilheira tem como objetivo a detecção de microgastrópodes (COWIE et al. 1995; MONTEIRO; SANTOS, 2001). Para isso, utilizamos um *quadrat* de 25 x 75cm aplicado sobre o solo exatamente na mesma direção do segmento de marcação da parcela (Fig. 5). Segundo Krebs (1998) os *quadrats* retangulares são mais eficientes em áreas não uniformes (caso da Mata Atlântica) ou para coletar animais que não se distribuem de modo homogêneo (caso da maioria dos gastrópodes terrestres) pois abarcam diferentes microambientes. Toda a serrapilheira contida na área do *quadrat* foi removida com auxílio de um ancinho, até que o solo ficasse exposto (Fig. 6).

Figura 6 – Aspecto do *quadra*t após a retirada da serapilheira.

Fonte: VASCONCELOS (2015)

A serapilheira deve ser acondicionada em sacos plásticos resistentes, bem vedados, para evitar a perda de umidade das folhas, identificados com o número do ponto e parcela para posteriormente serem levados ao laboratório para triagem dos moluscos e secagem da serapilheira.

Após a coleta da serapilheira, realizada em cada ponto, iniciamos a coleta direta. Segundo Cowie et al. (1995) e Santos e Monteiro (2001) esta metodologia é a mais eficiente na captura de macrogastrópodes (dimensões maiores que 5 mm). É importante estabelecer o número de coletores em cada campanha de coleta, determinar o tempo para a sua amostragem e o espaçamento para a distribuição dos coletores no ponto de busca (Figura 7). O ideal é contar sempre com os mesmos coletores, para evitar variações no sucesso das coletas devido à inexperiência do coletor. Nós trabalhamos sempre com quatro coletores, cada um buscando por moluscos durante 15 minutos (Fig. 7, 8).
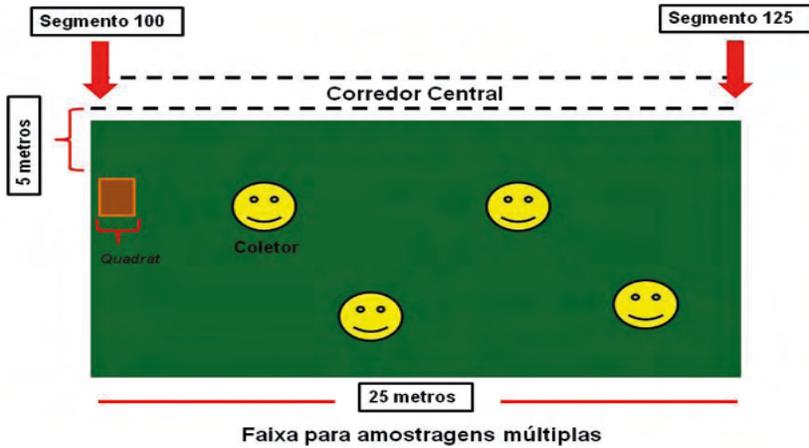
Figura 7.- Esquema de um segmento de 25 m da parcela demonstrando a metodologia de coleta de direta e de serapilheira. As carinhas representam o posicionamento dos coletores

Fonte: OLIVEIRA (2015) - modificado

Figura 8: Coleta direta de moluscos. Quatro coletores buscando os moluscos vivos e conchas em um dos pontos de coleta em uma parcela.

Fonte: VASCONCELOS (2015)

Procure os espécimes em locais preferenciais para moluscos terrestres (solo, entre a serapilheira, galhos em decomposição, arbustos, troncos das árvores, e próximo às rochas). Os animais vivos e conchas encontrados foram acondicionados em recipientes identificados com o número do ponto, parcela e nome do coletor. Nós utilizamos com sucesso frascos plásticos com tampa rosqueada, que são usados para exames laboratoriais. Cada frasco

foi previamente rotulado com o número da parcela e ponto, e levados em embalagens separadas por segmento, para economia de tempo no campo. A triagem e identificação taxonômica foram feitas no laboratório, com auxílio da bibliografia (catálogos e artigos).

3.4 Triagem e curadoria

Para a triagem dos moluscos utilizamos bandejas brancas, pincéis, pinças, placas-de-Petri e lupa. A serapilheira armazenada nos sacos plásticos foi distribuída nas bandejas e com auxílio das pinças, pincéis e a lupa, vistoriamos minuciosamente folhas, galhos e cascas, para a busca dos micromoluscos (vivos ou somente conchas). Enquanto essa triagem é realizada, folhas e galhos já vão sendo separados em sacos distintos.

Os espécimes encontrados eram colocados em placas-de-Petri identificadas com o número da parcela e do ponto. Os espécimes vivos devem ser anestesiados, fixados e preservados em álcool a 70º GL, segundo a técnica básica descrita por Thomé (1975). As conchas vazias, após uma lavagem prévia em água pura, dependendo do tamanho podem ser levemente escovadas com pincel macio para retirar resíduos de terra. Após, são individualmente inseridas em um saco plástico pequeno com água, e colocadas na cuba de ultrassom (sonicador), durante intervalos de um minuto, a fim de remover as impurezas aderidas em sua superfície. Posteriormente, são colocadas em placa-de-Petri, forrada com papel absorvente, protegida da poeira, para que sequem completamente. Após a secagem total, que leva de um a quatro dias, dependendo do tamanho da concha, são armazenadas em frascos ou eppendorfs de tamanhos adequados, e etiquetadas com os dados da coleta. A triagem e a curadoria são etapas que exigem o máximo de atenção, para que não se dissocie os dados de campo de cada exemplar, sob o risco de se invalidar o dispêndio de trabalho e dinheiro realizados em uma expedição.

Ao final, todo o material coletado deve ser depositado em uma Coleção Científica. Mesmo que não estejam todos os exemplares plenamente identificados, eles servirão para estudos futuros. Não tem sentido, e não é ético, retirar material da natureza se não houver cuidado na destinação do mesmo. No nosso estudo, as conchas e partes moles foram depositadas na Coleção Científica de Moluscos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

4 | COLETA DOS DADOS ABIÓTICOS

É fundamental que a expedição de campo seja bem planejada, com a preparação prévia das planilhas de campo (Fig. 9). A correta obtenção e anotação dos dados vão permitir a obtenção de resultados fidedignos. Utilize papel de boa qualidade e lápis preto de traço forte.

Projeto: Diversidade da malacofauna terrestre Projeto RAPELD - Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro

Responsável:______________________________ Parcela: ____________________

Ajudante (s):____

Data: ____/____/________ Sítio:______________________________ Módulo:____________

Trilha:__________ GPS:____________________ Elevação:_________ Hora de início/Hora do fim: ________/________

Tabela de Dados Ambientais

Parcela	Ponto (Piquete)	Temp.do ambiente			T. do solo	Umidade			Profundidade do folhiço					Lux	Densiômetro				PH do solo				
		Máx	Min	Méd		Máx	Min	Méd															

Observações:____

Figura 9. Exemplo de uma planilha de campo

Os dados abióticos devem ser obtidos antes da retirada da serapilheira (Fig, 10). Dentro da área do *quadrat* faça as mensurações da temperatura do solo e do ambiente, umidade do ar, profundidade da serapilheira, pH do solo, fechamento do dossel, luminosidade e percentual de umidade da serapilheira.

4.1 Temperatura do solo

Utilizamos termômetro de solo digital inserido totalmente no solo durante 10 minutos.

4.2 Umidade e temperatura do ar

Utilizamos higrotermômetro digital. O aparelho foi colocado ao lado do *quadrat* durante o tempo de coleta estabelecido; mensuramos os valores máximo, médio e mínimo da temperatura do ambiente e da umidade do ar.

4.3 Profundidade da serapilheira

As medidas de profundidade foram feitas com um profundímetro (palito de churrasco marcado a cada 0,5cm). O palito deve ser inserido na serapilheira depositada na área do *quadrat* até que encontre a resistência do solo. Faça cinco medidas, uma em cada ângulo do *quadrat* e outra no ponto central, para calcular a média.

4.4 Fechamento do dossel

Utilizamos o densiômetro esferoidal, aparelho que possui um espelho côncavo com uma grade de 24 quadrados, os quais refletem a copa das árvores. Com o observador posicionado sobre o *quadrat,* após retirada a serapilheira*,* foram obtidas quatro medidas, com o observador se direcionando aos pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste). Posteriormente

os valores foram somados, divididos por quatro (média) e o resultado multiplicado pelo fator de correção do aparelho (1,04) para se obter o percentual de fechamento do dossel para cada ponto. Esta medida exige treinamento, pois é necessário que o aparelho fique nivelado em relação ao observador e, o ideal é que seja sempre a mesma pessoa a tomar os dados. Consulte Freitas et al. (2017).

4.5 Luminosidade

Utilizamos um luxímetro digital, posicionado cerca de 50 cm acima do *quadrat*.

4.6 PH do solo

Após a retirada da serapilheira, este foi obtido utilizando um pHmêtro digital de solo.

4.7 Percentual de umidade da serapilheira

Após a triagem dos moluscos, colocamos a serapilheira em sacos de papel identificados e previamente pesados (utilize balança de precisão), para o desconto no peso total. Durante a triagem dos moluscos, as folhas e os galhos foram separados em sacos de papel diferentes para uma secagem mais eficiente. Pesamos a serapilheira úmida e levamos para a estufa. Verificamos o processo de secagem a cada duas horas até a estabilização do peso, o que leva cerca de 48 horas. A diferença entre o peso úmido e o seco nos fornece o percentual de umidade da serapilheira.

Figura 10: Obtenção dos dados dos fatores abióticos dentro da área dos *quadrats.* Uma coletora obtendo a profundidade do folhiço, enquanto o termohigrômetro está apoiado no *quadrat*. Outra coletora anota os dados na planilha.

Fonte: VASCONCELOS (2015)

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que este trabalho possa estimular outros grupos a desenvolverem pesquisas em ecologia de moluscos utilizando a metodologia RAPELD não só em outras áreas de Mata Atlântica, mas também em outros biomas. Esta metodologia tem um papel fundamental na realização de inventários, os quais são necessários para um reconhecimento da real diversidade de moluscos em nosso país, cuja malacofauna terrestre seguramente é subestimada. Outra relevância é compreender melhor os fatores, tanto bióticos como abióticos, que determinam a distribuição dos diversos grupos de moluscos.

Para estes estudos, contamos com excelentes obras de estatística e análise de dados ecológicos que devem ser consultados, como por exemplo os clássicos Magurran (1988, 2013), Underwood (1997) e Zar (1998). Na página do PPBIO (https://ppbio.inpa.gov.br/inicio) os leitores podem encontrar abundante bibliografia que serve de inspiração para a construção de hipóteses diversas.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à FAPERJ pelo suporte financeiro à SBS para os trabalhos na Ilha Grande (E-26/110.430/2007, E-26/110.402/2010, E-26/110.362/2012 e E-26/111.573/2013) e também como parceira do E-26/010.0011639/2014-PPBIO Mata Atlântica; ao Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADES/PR2/UERJ) pelo suporte e infraestrutura; à Capes pelas bolsas de mestrado concedidas à JLO e MCV; à Profa. Dra. Helena de Godoy Bergallo, Coordenadora do PPBio-Mata Atlântica pelo incentivo à adoção da metodologia RAPELD; a todos os estagiários que ao longo do tempo colaboraram com a pesada rotina de campo e laboratório durante as expedições, em especial a Luis Eduardo Lacerda, Igor C. Miyahira, Renata Ximenes, Renata Braga e Isabela Gonçalves. Todo o trabalho foi desenvolvido sob as licenças INEA 18/2007 e SISBIO 10812-1.

REFERÊNCIAS

BERGALLO, H.G.; CRONEMBERGER, C.; HIPÓLITO, J.; MAGNUSSON, W.E.; ROCHA, C. F. D. Integrating Researchers for Understanding Biodiversity in Atlantic Forest, cap. 22, p. 469-485. In: MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. (eds). **The Atlantic Forest. History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**, 517 p. Springer: Cham, 2021.

COWIE, R. H.; NISHIDA, G. M.; BASSET, Y.; GON, M. S. Patterns of land snail distribution in a Montane habitat on the island of Hawaii. *Malacologia*. v.36, n.1-2, p. 155-169, 1995.

COWIE, R. H.; CLAIRE RÉGNIER, C.; FONTAINE, B.; BOUCHET, P. Measuring the sixth extinction: what do mollusks tell us? The Nautilus, Sanibel, vol. 131, n.1, p. 3-41, 2017.

ESTEVES, R. A; SANTOS, S.B.; ROCHA, C.F.D. Seasonal variation and patterns in the land snail community along a fine-scale moisture gradient in a Brazilian Atlantic Forest remnant, p. 101. Congreso Latinoamericano de Malacologa, 11, 2020, Libro de Resúmenes…, Puerto Madryn, 2020.

FREITAS, M. A.; MASSELI, G. S.; MARQUES, S.; FLÁVIA, C. Protocol for using the forest densiometer in RAPELD plots, 6p., 2017. Disponível em https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Forest_Densiometer_Protocol_RAPELD_Plots.pdf. Acesso em 19/07/2021.

GENTRY, A. H. Patterns of Neotropical plant species diversity. Evolutionary Biology, New York, vol. 15, p.1-84, 1982.

KREBS, C.J. 1998. **Ecological Methodology**. New York: Benjamin Cummings. 620p, 1998.

LYDEARD, C.; COWIE, R. H.; PONDER, W. F.; BOGAN, A. E.; BOUCHET, P.; CLARK, S. A.; CUMMINGS, K. S.; FREST, T. J.; GARGOMINY, O.; HERBERT, D. G.; HERSHLER, R.; PEREZ, K. E.; ROTH, B.; SEDDON, M.; STRONG; E. E.; THOMPSON, F. G. The global decline of nonmarine Mollusks. BioScience, Oxford, vol. 54, n. 4, p. 321-330, 2004.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; LUIZÃO, R.; LUIZÃO, F.; COSTA, F. R. C.; CASTILHO, C. V. DE; KINUPP, V. F. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. Biota Neotropica, v5 (n2) - bn01005022005, 2005, Disponível em https://www.scielo.br/j/bn/a/f77RCKmNYmkHFxBLcFRFgSL/?format=pdf&lang=en. Acesso 14/07/2021.

MAGNUSSON, W. E.; COSTA, F.; SVERSUT, M.; SPIRONELLO, W. Curso básico de RAPELD e monitoramento da biodiversidade. Manaus: PPBio/CENBAN, 53 p. Disponível em https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Curso%20basico%20de%20RAPELD%20e%20monitoramento%20da%20biodiversidade_versao%20final_0.pdf. Acesso e 19/07/2021.

MAGNUSSON, W. E.; BRAGA-NETO, R.; PEZZINI, F.; BACCARO, F.; BERGALLO, H.; PENHA, J.; RODRIGUES, D.; VERDADE, L M.; LIMA, A.; ALBERNAZ, A. L.; HERO, J-M.; LAWSON, B.; CASTILHO, C.; DRUCKER, D.; FRANKLIN, E.; MENDONÇA, F.; COSTA, F.; GALDINO, G.; CASTLEY, G.; ZUANON, J.; VALE, J.; SANTOS, J. L. C.; LUIZÃO, R.; CINTRA, R.; BARBOSA, R.I.; LISBOA, A.; KOBLITZ, R.I.; CUNHA, C. N.; PONTES, A. R. M. **Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado**. Santo André: Átemma Editorial. 2013. Disponível em https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Biodiversidade%20e%20monitoramento%20ambiental%20integrado.pdf. Acesso 17/07.2021.

MAGURRAN, A. E. 1988. **Ecologycal diversity and its measurement**. Cambridge: University Press. 179p., 1988.

MAGURRAN, A. E. Measuring Biological Diversity. New Jersey:Wiley-Blackwell, 2013.

MANLY, B.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. 3.ed. New York: Chapman and Hall, 2004.

MENEZ, A. 2002. The standardization of abiotic variable data collection in land mollusc research. Journal of Conchology, London, vol. 37, no. 5, p. 581- 583.

NUNES, G. K. M.; SANTOS, S. B. Gradiente de altitude e riqueza de espécies: como o estudo dos moluscos terrestres contribui com esta questão? Oecologia Australis, Rio de Janeiro, v.15, n.4, p.854-868, 2011.

NUNES, G. K. M.; SANTOS, S. B. Environmental factors affecting the distribution of land snails in the Atlantic Rain Forest of Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brazil. Brazilian Journal of Biology*.* v.72, n.1, p. 79-86, 2012.

LIMA, M. S.; W C. LIMA, W. C.; GUILHERME, E. Testando um protocolo para coleta de moluscos terrestres e dulciaquícolas em parcelas do PPBIO no Acre. Livro de Resumos Reunião Anual – IV Simpósio CENBAM e PPBIO Amazônia Ocidental. p.55. 2018.

OLIVEIRA, J. L. **Diversidade da malacofauna terrestre em parcelas RAPELD no Parque Estadual da Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ**. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, J. L.; SANTOS, S.B. Riqueza e abundância de moluscos terrestres em três parcelas do Módulo Leste - Rapeld, Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil. In: Congreso Argentino de Malacología, 1, 2013, La Plata. Libro de Resúmenes... La Plata: UNLP, 2013, p. 124.

OLIVEIRA, J. L.; SANTOS, S.B. Diversidade da malacofauna em parcelas RAPELD-Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ. In: Simpósio da Rede PPBio Mata Atlântica, 1, 2015, Rio de Janeiro, Livro de Resumos... Rio de Janeiro: PPBio.ma, 2015, p. 99-100.

OLIVEIRA, J. L.; SANTOS, S. B. Malacofauna terrestre em parcelas permanentes do RAPELD –Parque Estadual da Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro. In: Congreso Argentino de Malacologia, 2, 2016, Mendoza. Libro de Resúmenes... Mendoza: UNC, 2016, p. 57.

PPBIO. Programa de Pesquisa em Biodiversidade. Sítio Ilha Grande. Disponível em https://ppbio.inpa.gov.br/sitios/ilhagrande. Acesso em 19/07/2021.

ROSA, C.; BACCARO, F.; CRONEMBERGER, C.; HIPÓLITO, J.; BARROS, C. F.; RODRIGUES, D. de J.; NECKEL-OLIVEIRA, S.; OVERBECK, G. E.; DRECHSLER-SANTO, E. R. et al. 2021. The program of biodiversity Research in Brazil: The role of regional networks for biodiversity knowledge, dissemination, and conservation. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 93 (2), e20201604, pp. 11-19, 2021. Disponível em https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Rosa_C_et%20al_2021_etal_Artigo_PPBio.pdf. Acesso 14/07/2021

SANTOS, S.B.; MONTEIRO, D. P. Composição de gastrópodes terrestres em duas áreas do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentado (CEADS), Vila Dois Rios, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil – um estudo-piloto. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, v.18, n.1, p. 181-190, 2001.

SANTOS, S.B.; OLIVEIRA, J. L.; VASCONCELOS, M. C. Pioneering studies on terrestrial molluscs in the Atlantic Forest of Ilha Grande, Rio de Janeiro by the RAPELD methodology. Tentacle, Honolulu, vol. 22, p.22-23. 2014.

UNDERWOOD, A. J. **Experiments in ecology**. Cambridge, Cambridge University Press. 504 p., 1997.

VASCONCELOS, M. C. **Morfologia e distribuição das espécies de Helicinidae Férussac, 1822 na Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro**. 2015. 106f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall. 663 p., 1999.

CAPÍTULO 11

TENDÊNCIAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA SOBRE A PLANTA *ANREDERA CORDIFOLIA*

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 06/09/2021

Elisa Vanessa Heisler
Universidade Federal de Santa Maria, Doutoranda em Enfermagem, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0001-5438-0983

Fernanda Trombini
Universidade Federal de Santa Maria, Mestranda em Enfermagem, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0003-0240-9726

Ivana Beatrice Mânica da Cruz
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Morfologia, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0003-3008-6899

Marcio Rossato Badke
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Enfermagem
Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0002-9459-1715

Juliano Perottoni
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas
Palmeira das Missões, RS
https://orcid.org/0000-0003-3115-6203

Nathália Cardoso de Afonso Bonotto
Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Gerontogia
Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0003-3733-3549

Thamara G. Flores
Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Farmacologia, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0002-2748-1612

Neida Luiza Kaspary Pellenz
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Enfermagem, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0001-6373-9249

Jacqueline da Costa Escobar Piccoli
Universidade Federal do Pampa
Uruguaiana, RS
https://orcid.org/0000-0003-0328-446X

Fernanda Barbisan
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0002-2960-7047

Maria Denise Schimith
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Enfermagem, Santa Maria, RS.
https://orcid.org/0000-0002-4867-4990

RESUMO: A *Anredera cordifolia* é uma espécie nativa do Brasil, de ocorrência em vários estados, mas não endêmica. É reconhecida como uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) e utilizada pela medicina popular para fins terapêuticos. Esta revisão de literatura teve como objetivo desenvolver a análise das tendências científicas nacionais acerca da planta *Anredera*

cordifolia. A presente revisão caracteriza-se como um estudo de natureza descritiva, desenvolvido por meio de uma revisão narrativa de literatura. Os resultados foram obtidos por meio de busca *online,* realizada de julho a agosto de 2021 no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD). Foram selecionadas, conforme critérios de inclusão, quatro produções. Os resultados dos estudos analisados apontam que a área do conhecimento que vêm desenvolvendo estudos brasileiros sobre a planta *Anredera cordifolia* é as Ciências Agrárias. Resultando em tendências relacionadas a importância alimentar da espécie e potencialidades agronômicas da planta. Este estudo evidenciou como principal lacuna do conhecimento a falta de estudos nacionais com interesse nas propriedades medicinais da *Anredera cordifolia*, demonstrando ausência de teses e dissertações provenientes de Programas de Pós-Graduação da área da saúde. A tese e as dissertações analisadas contribuíram com conhecimentos científicos e inferências importantes para a construção epistemológica de objetos de pesquisa úteis ao desenvolvimento de novos estudos sobre a planta *Anredera cordifolia*.
PALAVRAS - CHAVE: *Anredera cordifolia.* Propriedades, Plantas.

TRENDS IN BRAZILIAN SCIENTIFIC PRODUCTION ABOUT THE PLANT *ANREDERA CORDIFOLIA*

ABSTRACT: *Anredera cordifolia* is a plant species native to Brazil, that grows in several states, but not endemically. It is recognized as a Non-Conventional Food Plant (PANC) and is used for therapeutic purposes in folk medicine. The aim of this review is to establish the general trend in scientific research focusing on *Anredera cordifolia*. This review is characterized as a descriptive study, developed through a narrative literature review. The results were obtained through an online research, carried out from July to August 2021 in the Theses and Dissertations Catalog of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and in the Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD). According to inclusion criteria, four publications were selected. The results of the included studies show that the work exploring the *Anredera cordifolia* plant has been focused specifically on agrarian sciences, resulting in trends related to the importance of the species as a food crop and it's agronomic potential. This review highlights critical knowledge gap, a lack of national studies with interest in the medicinal properties of *Anredera cordifolia* as shown by the absence of theses and dissertations from graduate programs in the medical field. The analyzed theses and dissertations contributed to scientific knowledge and provided important inferences for the epistemological construction of research projects beneficial for the development of novel studies on the *Anredera cordifolia* plant.
KEYWORDS: *Anredera cordifolia. Properties*. Plants.

1 I INTRODUÇÃO

A utilização da natureza com fins terapêuticos e nutricionais são práticas intrínsecas a história humana, com destaque para as plantas, as quais são historicamente importantes como fitoterápicos e amplamente utilizadas no desenvolvimento de novos fármacos. Segundo

a Organização Mundial de Saúde (OMS), 85% da população mundial faz uso de plantas ou preparações destas, nos seus cuidados básicos à saúde (BRASIL, 2012). Neste sentido, o Brasil é o país detentor da maior biodiversidade mundial, somando aproximadamente 50 mil espécies de plantas nativas. Os potenciais terapêuticos e nutricionais destas espécies são reconhecidos pela medicina tradicional e científica (BRASIL, 2012; FIORAVANTI, 2016). Tal qual, a planta *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis, uma espécie nativa do Brasil, de distribuição geográfica confirmada nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, não sendo caracterizada como endêmica por ser naturalizada também em outros países (PELLEGRINI & IMIG, 2020).

Pertencente à família Basellaceae, a planta *Anredera cordifolia* é uma espécie perene, se apresenta como uma trepadeira rizomatosa e ramificada. Seu caule é suculento, fino, atinge até 6,0 metros de comprimento e produz estruturas vegetativas em sua haste, denominadas bulbilhos aéreos que são responsáveis pela dispersão dessa espécie (GREGORIO, 2020, SOUZA, 2014). Suas folhas são alternas, de cor verde-escuro-brilhante e formato largo-ovaladas ou em forma de coração (Figura 1). As flores são pequenas, numerosas e de coloração esbranquiçada ou creme e são intensamente perfumadas. A produção de frutos é muito rara e esta espécie se propaga, quase que exclusivamente, de modo vegetativo (KINUPP *et al.*, 2013; CORDEIRO, 2021). É cultivada na sua grande parte por agricultores familiares que conservam o conhecimento popular sobre o seu cultivo e consumo com intuito medicinal e nutricional (BRASIL, 2012; HEISLER, 2012).

Figura 1: *Anredera cordifolia*. O gênero ***Anredera*** origina-se do espanhol *enredadera*, que significa trepadeira. O epiteto específico, ***cordifolia***, provém da junção das palavras latinas *cordis* (coração) e *fólium* (folha), e é uma referência direta ao formato em coração de suas folhas (CORDEIRO 2021).

Fonte - Arquivo pessoal da autora, Santa Maria, 2021.

A espécie é de crescimento rápido e se alastra facilmente, o que faz com que seja considerada uma espécie daninha, invasiva e nociva ao ambiente pois ela utiliza outras árvores e vegetações como suporte, inviabilizando o crescimento destas. Pode provocar também sombreamento em grandes áreas, o que pode impedir a germinação e o

desenvolvimento da vegetação (ALBA, 2019; CORDEIRO 2021).

A *Anredera cordifolia* é mundialmente conhecida por "Madeira vine" (CORDEIRO, 2021). No entanto, pode receber diversos outros nomes, como os encontrados em estudos nacionais e internacionais: "Madeira vine" (América do Sul), "Binahong" (Indonésia) e "Dhen San Chi" na China. No Brasil a espécie é reconhecida popularmente por "Bertalha coração", "Folha-gorda" e "Madeira Vine" (HEISLER *et al.*, 2012; KINUPP *et al.*, 2013).

No Brasil, a espécie é reconhecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC), que pode ser utilizada na alimentação humana por se tratar de uma espécie com alto valor nutricional (BRASIL, 2017). Suas folhas podem ser consumidas *in natura*, refogadas, ou secas e trituradas, usadas como farinha na produção de pães, pois é considerada um alimento nutracêutico. Não possui toxidez e pode ser usada sem restrições, com alto valor nutritivo devido aos altos percentuais de ferro, cálcio e zinco. Os tubérculos, tanto aéreos como subterrâneos, podem ser cozidos, picados e adicionados em alimentos comuns, como suplemento nutricional (CORDEIRO 2021; MARTINEVSKI *et al.*, 2013).

Na medicina popular, a *Anredera cordifolia* é utilizada para o cuidado e tratamento de lesões de pele, por meio de suas folhas que são aquecidas e utilizadas de modo tópico (HEISLER *et al.*, 2012). Sabe-se também que apresenta comprovada atividade anti-inflamatória, antibacteriana, anti-úlcera e cicatrizante (YUNIARTI & LUKISWANTO, 2017; SOUZA *et al.*, 2014; NXUMALO *et al.*, 2020).

Destarte, torna-se importante a verificação de tendências das produções científicas brasileiras, em teses e dissertações, acerca da espécie *Anredera cordifolia,* considerando os possíveis potenciais terapêuticos da planta e os benefícios da biodiversidade brasileira para a saúde humana. A identificação de lacunas existentes pode colaborar com a construção de projetos, que possam ser desenvolvidos pela enfermagem e outros cursos da área da saúde, que possibilitem a utilização segura desta planta no contexto terapêutico e nutricional da saúde humana. A partir do exposto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver a análise das tendências científicas nacionais acerca da planta *Anredera cordifolia*.

2 I MÉTODO

A presente revisão caracteriza-se como um estudo de natureza descritiva, desenvolvido por meio de uma revisão narrativa de literatura que buscou as tendências nacionais da planta *Anredera cordifolia*. Optou-se pela revisão narrativa tendo em vista, que os artigos com esta abordagem metodológica almejam fundamentar estudos futuros, descrever e discutir o desenvolvimento ou o "estado da arte" de um determinado assunto, constituindo-se de análise da literatura, análise crítica e interpretativa dos autores (MATTOS, 2015; ROTHER, 2007).

A busca das produções e análise dos resultados foram realizadas por dois revisores, de modo duplo independente, e considerou-se a seguinte questão: quais são as tendências das produções científicas nacionais acerca da planta *Anredera cordifolia*? O levantamento bibliográfico ocorreu de julho a agosto de 2021, no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD). Para as buscas foram testadas várias estratégias, contudo, o nome científico da planta demonstrou melhor resultado, sendo elencado como estratégia o termo "Anredera cordifolia". Após a busca realizou-se a exclusão dos estudos duplicados nas duas bases de dados.

Para a seleção das produções, foram estabelecidos como critérios de inclusão: resumos completos das teses e dissertações, estudos disponíveis na íntegra e *online*, que abordassem no título ou no resumo a planta *Anredera cordifolia*. Não se elencou um recorte temporal no intuito de realizar um levantamento geral das produções científicas brasileiras sobre a temática, nestas bases de dados.

Para a extração dos dados pertinentes ao estudo foi desenvolvido um quadro sinóptico, constituído pelas seguintes variáveis: autor/ano e grau acadêmico, título, instituição de ensino/programa de pós-graduação, objetivo do estudo/principais achados, delineamento metodológico e contexto do estudo.

A análise crítica das produções compreendeu a leitura dos estudos na íntegra, exploração do material, tratamento dos resultados e interpretação por meio de discussão com materiais de referência na área. Os resultados foram apresentados de maneira descritiva, explicitados por meio de um fluxograma (Figura 1) e de um quadro (Quadro 1) para melhor compreensão pelo leitor.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de teses e dissertações emergentes das buscas estão sumarizados no fluxograma a seguir (Figura 1).
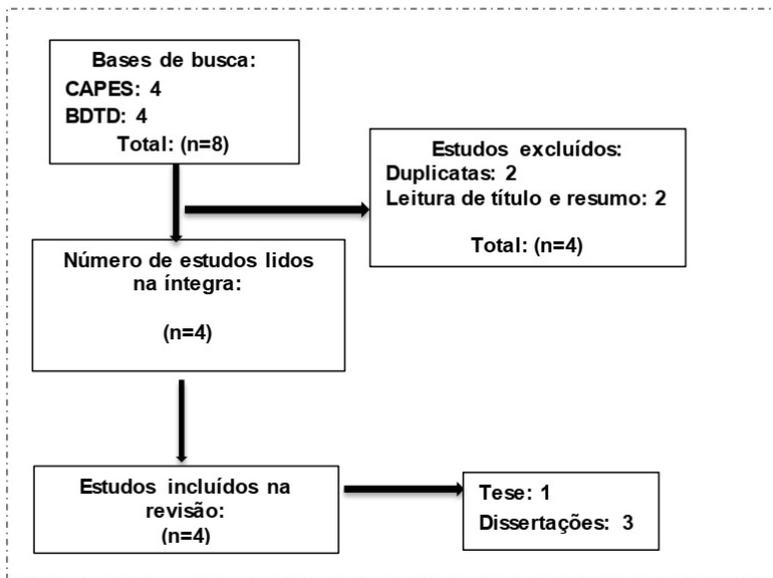
Figura 1 – Fluxograma representativo do resultado das buscas, Santa Maria, RS, 2021.

Fonte: próprio autor, Santa Maria, 2021

A partir da extração e análise de dados nos quatro estudos selecionados, foi possível evidenciar as tendências da produção científica a respeito da planta *Anredera cordifolia*. A tese e dissertações encontradas estão sumarizadas no Quadro 1.

Autor/ano/Grau acadêmico	**Título**	**Objetivo e principais resultados**	**Delineamento metodológico/ contexto**
VIANA, M.M.S (2013) Dissertação	Potencial nutricional, antioxidante e atividade biológica de hortaliças não convencionais	Avaliar o conteúdo de compostos bioativos e o potencial nutricional de hortaliças não convencionais e a capacidade antioxidante e atividade biológica de extratos fitoquímicos provenientes de hortaliças não convencionais. Componentes proteicos, minerais e compostos bioativos encontrados nas hortaliças não convencionais, caracterizam-nas como de elevado potencial nutricional, podendo o seu consumo trazer benefícios à saúde.	Estudo experimental, com análise quantitativa. Laboratorial

SOUZA, L.F. (2014) Tese	Aspectos fitotécnicos, bromatológicos e componentes bioativos de *Pereskia aculeata, Pereskia grandifolia* E *Anredera cordifolfia*	Gerar conhecimento básico e aplicado sobre Pereskia aculeata Miller, Pereskia grandifolia (Haw) e Anredera cordifolia (Ten.) Steenis, possibilitando a utilização destas plantas em programas de Segurança Alimentar e Nutricional. *Anredera cordifolia* apresentou alto valor proteico (21,05%) em base seca; apresentou significativo teor de potássio; bom aporte de vitamina C; o óleo essencial estimulou a germinação de S. arvensis; o óleo essencial mostrou atividade inibitória contra agentes Gram-positivos.	Estudo experimental, com análise estatística/ quantitativa. Laboratorial
TEIXEIRA,B.A (2018) Dissertação	Bioprodução de fitoquímicos em plantas alimentícias não convencionais (PANC) nas quatro estações do ano	Avaliar a influência da época de colheita na bioprodução de fitoquímicos e nas características físico-químicas das plantas alimentícias não convencionais e realizar uma análise do perfil de fitoquímicos durante as quatro estações. Houve interação significativa entre as estações do ano e as plantas em quase todas as variáveis analisadas.	Estudo experimental, com análise estatística/ quantitativa. Laboratorial
GREGORIO, J.P.R.S. (2020) Dissertação	Propagação e controle de *Anredera cordifolia* (Ten.) Stennis	Gerar conhecimento sobre a espécie *Anredera cordifolia*, possibilitando a utilização dos resultados para descrição e caracterização de aspectos da propagação, como também o seu controle quando uma planta invasora. Foi demonstrada eficácia de cerca de 80% de controle das plantas *A. cordifolia* submetidas à mistura de herbicidas glifosato + saflufenacil. A eficácia dos herbicidas testados em pré-emergência não mostrou controle.	Estudo experimental, com análise quantitativa. Laboratorial

Quadro 1 – Caracterização da tese e dissertações brasileiras referente a planta *Anredera cordifolia*. Santa Maria, RS, 2021.

Fonte: próprio autor, Santa Maria, 2021

Ao analisar o Quadro 1, observa-se que das quatro produções, uma tese e três dissertações, abordando a temática *Anredera cordifolia*. Tais pesquisas foram desenvolvidas em três universidades brasileiras, sendo as três universidades públicas. Com destaque para a Universidade Federal de São João Del-Rei (Sete Lagoas-MG) com dois estudos, seguida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre-RS) e Universidade Federal de São Carlos (Araras-SP) que apresentaram uma dissertação cada, sobre o tema. O que evidência que os estudos estão sendo desenvolvidos nas regiões Sul e Sudeste do país.

Em relação à área do conhecimento, em sua totalidade, as produções científicas foram desenvolvidas por Programas de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (VIANA, 2013; SOUZA, 2014; TEIXEIRA, 2018; GREGORIO, 2020). Constatou-se ausência de produções no âmbito dos programas de Pós-Graduação da área da saúde.

Quanto ao ano de publicação, observou-se que os primeiros estudos foram

publicados nos anos de 2013 (VIANA, 2013) e 2014 (SOUZA, 2014), após um lapso de tempo (três anos), houve publicações de dissertações em 2018 e 2020 (TEIXEIRA, 2018; GREGORIO, 2020). Apesar de ser um tema pouco pesquisado em teses e dissertações brasileiras, observa-se que nos últimos cinco anos vêm crescendo o interesse sobre a *Anredera cordifolia* por pesquisadores de outros países, como Indonésia e África do Sul, os quais estão evidenciando a efetividade das propriedades da planta na cicatrização de lesões de pele, no tratamento de catarata, indicando atividades antibacterianas e anti-inflamatória (FERIYANI *et al*., 2021; NXUMALO *et al*., 2020; YUNIARTI & LUKISWANTO, 2017).

No que se refere ao delineamento metodológico, os estudos, na totalidade, apresentaram delineamento experimental com foco em análise estatística/quantitativa e foram desenvolvidos em ambiente laboratorial. Evidenciando-se que os estudos relacionados a planta *Anredera cordifolia* seguiram a corrente epistemológica do pensamento positivista, a qual refere-se ao que é descoberto por meio de experiências atendo-se a aspectos objetivos e racionais que podem ser generalizados. Tais parâmetros da corrente positivista são amplamente utilizados nos estudos científicos tendo por base métodos estatísticos e testes de hipóteses (GALVÃO *et al*., 2016).

3.1 Tendências Científicas Sobre a Planta *Anredera Cordifolia*

A partir da análise realizada na tese e dissertações selecionadas para o estudo, é possível afirmar que a tendência científica nacional sobre a planta *Anredera cordifolia* está centrada em pesquisas sobre: propriedades nutricionais e antioxidantes, atividade biológica e química, caracterização morfológica e manejo da espécie no Brasil (VIANA, 2013; SOUZA, 2014; TEIXEIRA, 2018; GREGORIO, 2020).

O interesse pelo potencial nutricional da *Anredera cordifolia* se justifica pelo fato da espécie ser reconhecida como uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) (BRASIL, 2017). As PANC são espécies nativas ou cultivadas cujas partes consumidas não são comuns ou convencionalmente utilizadas na alimentação humana. As mesmas possuem grande importância ecológica e econômica, por serem adaptadas a condições de solo e clima local, características importantes para o melhoramento genético (BIONDO *et al*., 2018).

Em relação às propriedades da *Anredera cordifolia*, os estudos evidenciam potencial nutricional e antioxidante. Em estudo desenvolvido por Souza (2014), a planta apresentou alto teor proteico (21,05%) quando comparada a outras espécies como *P. aculeata (14,38%)* e a P. grandifolia (14,96%). O autor reforça, que diante da importância da proteína para o organismo humano e da necessidade de se descobrir novas fontes de proteína vegetal, as folhas de *Anredera cordifolia* demonstran-se como fontes promissoras. A espécie apresenta ainda, altos teores de fósforo, magnésio, ferro e potássio, podendo contribuir para a formação óssea, controle hidroeletrolítico e na formação de hemoglobina, por meio

do ferro (SOUZA, 2014). Os estudos também destacam o elevado teor de cinzas, que está relacionado com a concentração de minerais nas plantas, e percentual considerável de fibra e carboidratos, podendo assim contribuir na melhoria da dieta dos brasileiros, tendo em vista a maioria consomem poucas frutas, verduras e legumes e que mais da metade tem escassez de fibras alimentares em suas dietas (SOUZA, 2014; VIANA, 2013). Esses dados corroboram com os apresentados por Martinevski *et al*. (2013), em que as folhas da *Anredera cordifolia* também apresentam significativo teor de cinzas, fibras e carboidratos.

Em seu estudo, Souza (2014), relata que os teores de vitamina C encontrados em suas folhas foram satisfatórios, sendo superior ao de outras plantas pesquisadas, resultado este divergente ao observado por Teixeira (2018).

Quanto ao seu poder como agente antioxidante, três produções evidenciaram o potencial (VIANA, 2013; SOUZA 2014; TEIXEIRA, 2018). A *Anredera cordifolia* apresenta também, um dos maiores valores de β-caroteno comparando a outras hortaliças não convencionais (VIANA, 2013). Esse dado vai ao encontro do estudo realizado por Batista *et al*. (2006), no qual a planta pesquisada recebeu destaque pelo seu teor de β-caroteno. Além disso, quanto à presença de compostos bioativos, que influenciam diretamente na atividade antioxidante, Souza (2014) evidencia que a planta se apresentou satisfatória como agente antioxidante nas suas diferentes concentrações, extrações e formas de armazenamento. Dentre os compostos fenólicos totais, o ácido caféico foi o composto predominante em suas folhas (TEIXEIRA, 2018). O ácido caféico atua como antioxidante e anti-inflamatório, além de melhorar a sensibilidade à insulina e possuir propriedades anti-obesidade, reduzir a síntese de colesterol e de ácidos graxos (BOCCO, 2013).

Frente às comprovadas propriedades nutricionais da planta *Anredera cordifolia,* Souza (2014), reforça a importância do incentivo ao consumo alimentar da espécie tendo em vista que são culturas de baixo custo, fácil disponibilidade e valor nutritivo.

Outra linha de interesse sobre a espécie *Anredera cordifolia* evidenciada na tese e dissertações analisadas, está relacionada ao seu interesse agronômico, pois a mesma, por suas características de disseminação e crescimento, vem se tornando uma possível ameaça para a agricultura brasileira, sendo considerada uma erva daninha, sinalizando prejuízos econômicos aos agricultores (GREGORIO, 2020).

A partir desta problemática observada nas regiões Sul e Sudeste do país, Gregorio (2020) e Souza (2014), investigaram características de propagação e controle da planta. Os estudos evidenciaram que, quanto ao crescimento e desenvolvimento da planta, a profundidade do plantio está diretamente relacionada com a emissão de novas plantas e que a sua propagação pode ser tanto por tubérculos aéreos, quanto por estacas (GREGORIO, 2020; SOUZA, 2014).

Para a produção de mudas, Souza (2014) concluiu que substrato comercial, como a turfa fértil, e adição de casca de arroz, mostrou-se efetivo para o maior desenvolvimento das mesmas, e que para o controle pós-emergência das plantas, uma mistura com glifosato

e saflufenacil tem eficácia no seu controle (GREGORIO, 2020).

Quanto aos fatores que influenciam no desenvolvimento e crescimento da planta após o plantio, Teixeira (2018) que estudou as PANC nas quatro estações do ano, concluiu que a *Anredera cordifolia* apresenta intensificação na coloração das folhas no inverno. Esse dado pode estar relacionado aos resultados do estudo desenvolvido por Alba (2020), em que verificou que as folhas da planta coletadas nas estações mais frias do ano (outono/inverno) apresentaram maiores concentrações de compostos fenólicos e maior capacidade sequestradora de radical livre (ALBA, 2020).

Referente a colheita, o estudo de Teixeira (2018) concluiu que a época em que é realizada pode influenciar na produção de metabólitos secundários dependendo da estação do ano em que for realizada. Além disso, a planta apresenta alto teor de umidade, sendo esse conhecimento fundamental, visto que acaba interferindo diretamente na conservação, prolonga a vida na pós colheita e mantém a qualidade da matéria, já que as mesmas são vendidas e/ou consumidas *in natura* (SOUZA, 2014).

Souza (2014) evidenciou que o óleo essencial da *Anredera cordifolia* mostrou atividade inibitória contra agentes patogênicos Gram-positivos, como *Bacillus subtilis* e *Staphylococcus epidermidis*. Esse dado corrobora com os resultados de uma revisão bibliográfica realizada sobre as propriedades da *Anredera cordifolia*, na qual evidenciou-se que o extrato obtido por meio das raízes ou das folhas da planta inibiram o crescimento de várias bactérias, incluindo as identificadas por Souza (2014) (ALBA, PELEGRIN, SOBOTTKA, 2020).

Por fim, apesar da planta *Anredera cordifolia* ser utilizada pela cultura popular com fins medicinais (HEISLER et al., 2012) e de já haver estudos nacionais e principalmente internacionais, confirmando propriedades farmacológicas da espécie, com destaque para a Indonésia, onde inclusive estão sendo desenvolvidos medicamentos de uso tópico com o extrato da planta (FERIYANI *et al*., 2021; SOUZA *et al*., 2014; YUNIARTI & LUKISWANTO, 2017), esta revisão demonstrou a lacuna existente em estudos nacionais com finalidade medicinal, bem como, estudos desenvolvidos por cursos da área da saúde, em teses e dissertações. Enfatizando a importância de novos projetos de pesquisa sobre a espécie, que possam contribuir na promoção da saúde e no desenvolvimento de práticas populares. Além disso, a produção de novos fitoterápicos pode abranger maior acesso aos medicamentos, como também exploração sustentável dos recursos naturais (ALBA, 2020).

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das tendências de dissertações e tese brasileira sobre a planta *Anredera cordifolia*, possibilitou compreender os avanços e lacunas das pesquisas científicas sobre a temática, apontando que as tendências brasileira sobre a espécie estão direcionadas para a importância alimentar e manejo agronômico da planta no Brasil, observando-se como

principal lacuna do conhecimento a falta de estudos nacionais com interesse nas propriedades medicinais da *Anredera cordifolia*, resultando na ausência de teses e dissertações provenientes de Programas de Pós-Graduação da área da saúde. A tese e as dissertações analisadas contribuíram com conhecimentos científicos e inferências importantes para a construção epistemológica de objetos de pesquisa úteis ao desenvolvimento de novos estudos sobre a temática. Aponta-se como limitação desta revisão a pequena amostra de teses e dissertações disponíveis para análise, o que não permitiu inferências confiáveis de ordem quantificável a respeito dos resultados. Por fim, acreditando no potencial terapêutico da espécie *Anredera cordifolia*, reiteramos a importância da realização de estudos por profissionais da enfermagem e outras áreas da saúde, na busca de evidências científicas para o uso seguro e racional da mesma, aproximando o saber científico do conhecimento tradicional.

REFERÊNCIAS

ALBA, T. M. **Química, farmacologia e etnobotânica de *Anredera cordifolia* (Basellaceae): fatores de influência sobre os compostos fenólicos e atividade antioxidante.** Dissertação (Mestrado em Ciência Ambientais). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

ALBA, T. M.; PELEGRIN, C. M. G.; SOBOTTKA, A. M. **Ethnobotany, ecology, pharmacology, and chemistry of *Anredera cordifolia* (Basellaceae): a review**. Rodriguésia. e01042019, 2020. DOI:10.1590/2175-7860202071060.

BATISTA, M. A. et al. **Carotenos e Próvitamina A em bertalha e ervas aromáticas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais, durante as quatro estações do ano.** Acta Scientiarum Health Sciences, v. 28, n. 1, p. 93-100, 2006.

BIONDO, E. et al. **Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no Vale do Taquari, RS**. Rev. Elet. Cient. UERGS, v. 4, n. 1, p. 61-90, 2018.

BOCCO, B. M. L. C. **O efeito do ácido caféico e do ácido ferúlico sobre a síndrome metabólica em camundongos.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Medicina Translacional. São Paulo, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortaliças Não Convencionais. Anredera (*Anredera cordifolia*)**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas Integrativas e Complementares: Plantas Medicinais e Fitoterapia na Atenção Básica.** Brasília, DF, 2012.

CORDEIRO, S. Z. **Anredera cordifolia (Ten.) Steenis**. 2021. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/anredera-cordifolia-ten-steenis> Acesso em: 06 de ago. de 2021.

FERIYANI, F. et al. **Effects of Binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steenis)Extracts on the Levels of Malondialdehyde (MDA) in Cataract Goat Lenses**. The Scientific World Journal. v.2021 p.1-6, 2021.

FIORAVANTI, C. **A maior diversidade de plantas do mundo**. Ciência Ecologia. São Paulo, n. 241, p. 42-47, 2016.

GALVÃO, K. D. S. et al. **Análise dos modelos de precificação de ativos sob uma abordagem epistêmica do positivismo/pós-positivismo e do construtivismo.** Caderno EBAPE. BR. n.1, v.14, 2016. DOI: 10.1590/1679-395131409.

GREGORIO, J. P. R. S. **Propagação e controle de *Anredera cordifolia* (Ten.) Stennis**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.

HEISLER, E. V. et al. **Saber popular sobre a utilização da planta *Anredera cordifolia* (folha gorda)**. Texto Contexto Enferm. v.21, n.4, p. 937-944, 2012.

KINUPP, V. F; AMARO, F. S; BARROS, I. B. I. **Anredera cordifolia (Basellaceae), uma hortaliça potencial em desuso no Brasil.** 2013. Disponível em: <http://quintaisimortais.blogspot.com/2013/06/artigo-anredera-cordifolia-basellaceae.html> Acesso em: 04 de ago. de 2021.

martinevski, c. f. et al. **Utilização de bertalha (anredera cordifolia (ten.) steenis) e ora-pro-nobis (pereskia aculeata mill.) na elaboração de pães**. Brazilian Journal Food and Nutrition. v.24, n.3, p.255-370, 2013.

MATTOS, P. C. **Tipos de Revisão de Literatura**. Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP Campus de Botucatu. 2015. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.

NXUMALO, C. I. et al. **Isolation of endophytic bacteria from the leaves of Anredera cordifolia CIX1 for metabolites and their biological activities**. BMC Complementary Medicine and Therapies. 2020. DOI: 10.1186/s12906-020-03095-z

PELLEGRINI, M. O. O.; IMIG, D. C. ***Basellaceae in* Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5558>. Acesso em: 06 ago. 2021.

ROTHER, E.T. **Revisão sistemática X revisão narrativa**. Acta Paul Enferm. v.20, 2007.

SOUZA, L. F. **Aspectos Fitotécnicos, bromatológicos e componentes bioativos de Pereskia aculeata, Pereskia grandifolia e Anredera cordifolia.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SOUZA, L. F. et al. **Chemical Composition and Biological Activities of the Essential Oil from *Anredera cordifolia* Grown in Brazil**. Natural Product Communications. v.9, n.7, p.1003-1006, 2014.

TEIXEIRA, B. A. **Bioprodução de fitoquímicos em plantas alimentícias não convencionais (PANC) nas quatro estações do ano.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal São João Del-Rei, Sete Lagoas, 2018.

VIANA, M. M. S. **Potencial nutricional, antioxidante e atividade biológica de hortaliças não convencionais.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, 2013.

YUNIARTI, W. M.; LUKISWANTO, B. S**. Effects of herbal ointment containing the leaf extracts of Madeira vine (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) for burn wound healing process on albino rats**. Veterinary World. V.10, n.7, p. 808-813, 2017.

CAPÍTULO 12

PINHEIROS INVASORES NO CERRADO: ESTRUTURA DAS POPULAÇÕES E SUGESTÃO DE MANEJO USANDO O MODELO MATRICIAL

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 20/09/2021

Emilia Pinto Braga
Universidade de Brasília
Brasília – Distrito Federal
http://lattes.cnpq.br/3243231920364239

RESUMO: No Brasil, espécies do gênero *Pinus* tem atuado como invasoras em diferentes ecossistemas, inclusive em Unidades de Conservação. No Jardim Botânico de Brasília (JBB), que faz parte de uma Área de Proteção Ambiental de Cerrado, duas espécies de pinheiros, *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa*, tem se disseminado em vegetação nativa, tendo já estabelecidas populações autossustentáveis, das quais se desconhecem suas dimensões e seus efeitos. O objetivo desta pesquisa foi descrever as estruturas das populações invasoras de *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa* e propor manejo para controle e exclusão. As populações foram amostradas utilizando transecões perpendiculares às plantações e os indivíduos encontrados foram marcados, medidos e identificados. Foram realizados dois levantamentos para descrever estruturas populacionais e montar uma matriz de transição dos estágios de vida de cada população. As matrizes foram utilizadas para simular ações de manejo das populações invasoras. A população de *P caribaea* teve um incremento de 9% no intervalo de um ano (λ=1,09), enquanto *P.oocarpa* cresceu 7% no mesmo intervalo de tempo (λ=1,07). A simulação das matrizes resultou em populações de 82570 indivíduos de *P.caribaea* e 220478 de *P.oocarpa* em 22 anos ao redor das plantações. A simulação de cenário futuro com intervenção nas fases mais sensíveis verificadas na matriz de sensibilidade mostrou que, com manejo de exclusão de Imaturos e Adultos, as populações de *P.caribaea* e *P.oocarpa* teriam, respectivamente, 2117 e 12482 indivíduos. Este é o primeiro relato de populações invasoras de P. caribaea e P. oocarpa e suas projeções de manejo. O envolvimento de pesquisadores e o empenho dos gestores do JBB na busca de alternativas para o controle efetivo das invasões melhora a perspectiva futura da área, podendo até ser um caso de sucesso na erradicação de espécies invasoras.

PALAVRAS - CHAVE: Invasão biológica; Plantas invasoras; *Pinus oocarpa*; *Pinus caribaea*; Ecologia de população.

INVASIVE PINES IN BRAZILIAN SAVANNA: POPULATION STRUCTURES AND MANAGEMENT STRATEGIES USING MATRIX MODELS

ABSTRACT: Some *Pinus* species have acted as invasive in different ecosystems in Brazil, including Conservation Units. In Brasília Botanical Garden (JBB), which is part of a Cerrado Protection Area, two species of pine trees, *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa*, have spread seedlings in native vegetation, with self-sustainable populations already established, of which dimensions and effects are unknown. The objective of this research was to describe the structures *Pinus caribaea* and

Pinus oocarpa invasive populations and to propose management to control and exclusion. The populations were sampled using transects starting at the border of the plantation borders and all individuals of *P. caribaea* and *P. oocarpa* found were marked, measured and identified for two consecutive years, providing information to describe its population structures and build a transition matrix with life stages of each population. The matrices were used to simulate management actions over invasive populations. The *P. caribaea* population had an increase of 9% in the interval of one year (λ=1.09), while *P.oocarpa* grew by 7% in the same period of time (λ=1.07). 22-year projections of recursive matrix simulation resulted in populations of 82,570 individuals of *P.caribaea* and 220,478 of *P.oocarpa* around the plantations. Another 22-year simulation of a scene with intervention in the most critical population development phases – verified by the highest sensitivity matrix values – showed that, with management of exclusion of Immature and Adults, the populations of P.caribaea and P.oocarpa would have, respectively, 2,117 and 12,482 individuals. This is the first report of *P. caribaea* and *P. oocarpa* invasive populations and its management projections. The involvement of researchers and the commitment of JBB managers seeking alternatives for effective control of invasions improves the future prospect of the area, and may even be a case of success in the eradication of invasive species.
KEYWORDS: Biological invasions; Invasive plants; *Pinus oocarpa*; *Pinus caribaea*; Population ecology.

1 | INTRODUÇÃO

Plantas coníferas vem sendo plantadas fora de seu ambiente natural em muitas partes do globo há centenas de anos, e por várias razões, sendo a produção florestal a mais importante (RICHARDSON *et al*., 2008). No Brasil, a introdução de espécies de coníferas, predominantemente do gênero *Pinus*, aconteceu massivamente na década de 1960 com forte incentivo fiscal do governo e tinha o objetivo de exploração da madeira (ROSOT *et al.*, 2004).

Diferente de registros de introdução de *Pinus* em outros lugares do mundo, no Brasil as plantações ocorreram em extensas áreas (RICHARDSON *et al*., 2008), facilitando um comportamento invasor até para espécies com menor tendência a tal comportamento (RICHARDSON, REJMANÉK, 2004; BRAGA, ZENNI, HAY, 2014). Adicionalmente à grande pressão de propágulos das extensas plantações (COLAUTTI, GRIGOROVICH, MACISAAC, 2006; SIMBERLOFF *et al*., 2010), fisionomias de dossel mais aberto, como as encontradas no Cerrado, estão mais suscetíveis à invasão (HIGGINS, RICHARDSON, 1998). Outro ponto desfavorável para as áreas naturais é que, por apresentarem crescimento lento (LAMBERS, POORTER, 1992), plantas do Cerrado podem perder possíveis espaços livres para plantas de desenvolvimento mais rápido, como a maioria das espécies do gênero *Pinus*, impactando negativamente as comunidades de árvores nativas (CAZETTA, ZENNI, 2019).

Ainda que mais 100 espécies potencialmente invasoras tenham sido introduzidas no país (ZENNI, ZILLER, 2011), são escassos os estudos de controle e erradicação das

invasões (PETENON, PIVELLO, 2008), reduzindo as ações a diagnóstico e monitoramento ao invés de adotar uma abordagem prática e pró-ativa de eliminação precoce das populações em processo de invasão (ZILLER, DECHOUM, 2013). Uma estratégia eficaz para descrever populações invasoras é a de matrizes populacionais, pois constroem uma descrição simples do ciclo de vida, com todas as suas taxas vitais, a saber: sobrevivência, crescimento e fecundidade (CASWELL, 2001). Ainda que modelos matriciais careçam de alguns componentes importantes da história de vida das plantas e das próprias mudanças demográficas ao longo do tempo (GIBSON, 2014), adotar modelos inexatos em detrimento de estudos de longo prazo pode ser vantajoso (SILVERTOWN, FRANCO, MENGES, 1996), principalmente em estágios iniciais de invasão, quando seu controle é menos oneroso.

O objetivo dessa pesquisa foi descrever como estão estruturadas as populações de pinheiros que estão estabelecidos em área nativa de Cerrado, desenvolver suas matrizes populacionais e simular estratégias de manejo de mitigação à invasão das duas espécies de pinheiros, *Pinus caribaea* Morelet e *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., que atualmente ocupam áreas de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília (BRAGA, ZENNI, HAY, 2014).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O Jardim Botânico de Brasília (JBB) está localizado na área centro-sul do Distrito Federal, faz parte da Área de Proteção Ambiental do Gama-Cabeça de Veado e possui área total de 5000 ha: 500 ha de área aberta ao público e 4500 ha de Estação Ecológica, área de proteção integral de Cerrado. O clima local de acordo com a classificação climática de Köppen é Aw (savana tropical). Na área de visitantes existem, desde antes da criação do JBB, em 1985, plantações de *Pinus* que têm se disseminado naturalmente nas áreas de cerrado preservado (BRAGA, ZENNI, HAY, 2012). São 3,2 ha plantados com *Pinus oocarpa*, 3,09 ha com *Pinus caribaea* e 1,5 ha com outras espécies de *Pinus*, em uma densidade aproximada de 306 indivíduos*ha^{-1} (Fig. 1). Amostras de madeira obtidas com trado de incremento retiradas do caule sugerem que as plantações tenham cerca de 44 anos, tendo sido estabelecidas no início da década de 1970 (dados não apresentados).

As amostragens foram realizadas em dois anos consecutivos, 2013 e 2014, dentro de 11 transeções de 5 m de largura e comprimentos variando entre 63 e 560 m, dependendo do pinheiro mais distante encontrado. As transeções partiam da margem das plantações em diferentes direções, como mostrado na Figura 2.
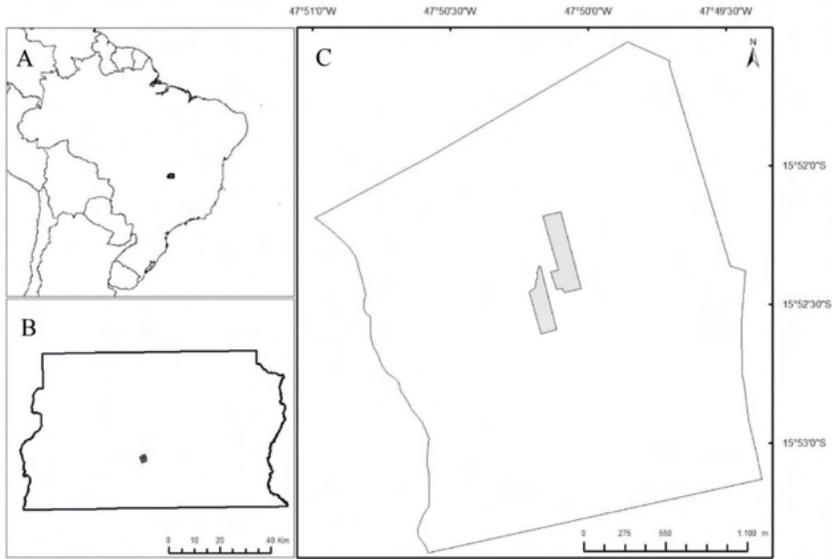
Fig. 1 (A) A área de estudo encontra-se no Planalto Central do Brasil, (B) na área central do Distrito Federal, evidenciado em cinza escuro. (C) Centro de Visitantes do Jardim Botânico de Brasília e plantações de espécies do gênero *Pinus* em cinza.
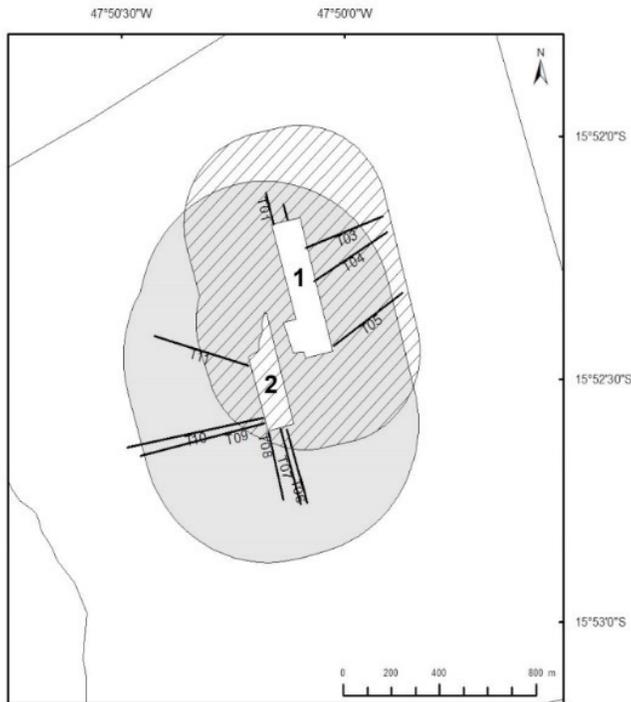
Fig. 2 Transeções instaladas em torno das plantações de *Pinus caribaea* (1) e *Pinus oocarpa* (2) no Jardim Botânico de Brasília. As áreas em cinza e tracejada representam a área de influência imediata de cada uma das espécies.

As transeções posicionadas a norte e a leste das plantações estão em áreas de cerrado com maior densidade de árvores e dossel mais fechado, com cobertura de 85±4%, e as posicionadas a oeste e a sul das plantações estão em área de cerrado típico, com menor densidade de copas e cobertura de 72±5%.

2.1 Estruturas das populações

Em 2013 todos os indivíduos de *Pinus* encontrados foram marcados com lacres numerados e tiveram diâmetro ao nível do solo (DNS) medido, exceto plântulas que foram apenas marcadas. A identificação de jovens imaturos foi feita pela contagem de acículas em cada fascículo. No segundo levantamento, em dezembro de 2014, os indivíduos previamente marcados foram novamente medidos e reclassificados quando necessário. Os novos pinheiros encontrados, todos plântulas recrutadas neste período, receberam lacres numerados para acompanhamento futuro. Como plântulas ainda não possuem acículas diferenciadas, as que não se diferenciaram no intervalo de um ano e as que foram recrutadas no segundo ano foram contadas e distribuídas dentro das populações usando como critério a proporção de indivíduos de cada espécie que se diferenciaram no intervalo de um ano. Lacres caídos no chão ou soltos, e indivíduos mortos em pé foram considerados mortos. Indivíduos inicialmente marcados que foram cortados por intervenção humana foram desconsiderados nesta pesquisa.

2.2 Análise dos dados e sugestão de estratégia de manejo

Para cada população foi construído um modelo matricial baseado nos estágios de vida, com projeção do intervalo de um ano (2013-2014). A matriz de transição é uma matriz quadrática que contém as probabilidades de um indivíduo, no caso um pinheiro, sobreviver, crescer ou reproduzir no intervalo de tempo determinado (CASWELL, 2001).

A abundância das populações em cada simulação foi projetada como

$$\mathbf{n}(\mathbf{t}+\mathbf{1}) = \mathrm{A} * \mathbf{n}(\mathbf{t})$$

onde **A** é a matriz de transição da espécie e **n(t)** representa o vetor de abundâncias dos estágios no tempo **t**.

Após criadas as matrizes de transição e de sensibilidade, foram calculadas as taxas de crescimento da população (λ), onde valores de $\lambda > 1$ indicam população em crescimento; valores de $\lambda < 1$ indicam declínio populacional (CASWELL, 2001). As matrizes de sensibilidade foram calculadas para perceber o estágio de desenvolvimento mais sensível a mudanças em ambas as espécies, com o intuito de propor, assim, um manejo de controle populacional objetivando obter valores de λ que prevejam o declínio das populações invasoras.

Como a idade estimada das plantações em 2014 foi de cerca de 44 anos, e as populações invasoras já possuem indivíduos reprodutivos, assumiu-se que em aproximadamente 22 anos os indivíduos apresentem desenvolvimento completo, de

plântula a adulto, para ambas as espécies, e esse tempo foi usado como referência para realizar as projeções das matrizes de transição. Para estimativas de tamanho das populações futuras, foram multiplicadas a matriz de transição de cada população com o respectivo vetor contendo as quantidades de indivíduos de cada classe.

Foram criados, então, cenários de manejo de controle das espécies invasoras. Estes cenários simularam a retirada anual de todos os indivíduos das categorias que apresentaram maiores valores de sensibilidade por igual período da simulação do crescimento da população, 22 anos. O cenário de manejo tem o objetivo de avaliar o quanto uma intervenção poderia refletir nas populações futuras, usando como referência as densidades populacionais atuais e suas respectivas matrizes de transição. Em termos práticos, após simulação dos tamanhos das populações no tempo , o número encontrado para os estágios de maior valor de sensibilidade foi substituído por 0, e depois foi simulado o tamanho da população para o tempo +1, e assim sucessivamente, por 22 anos.

Para os cálculos das matrizes e parâmetros das populações, foi utilizado o pacote *popbio* (STUBBEN, MILLIGAN, 2007) do software estatístico R 4.0.5 (R CORE TEAM, 2021).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A plantação de *Pinus caribaea*, disseminou o indivíduo mais distante a 350 m da borda da plantação, enquanto o indivíduo mais distante de *Pinus oocarpa* estava a 500 m. *P. oocarpa* obteve valores de densidade próximos a 0 ind*ha^{-1} nas transeções com Cerrado de copas mais adensadas; já em áreas de Cerrado com copas menos adensadas, a densidade de *P. oocarpa* foram maiores, chegando ao valor máximo de 1305 ind*ha^{-1}. Para *P. caribaea*, as densidades variaram entre 6 e 491 ind*ha^{-1}, e esteve presente tanto em áreas com dossel mais fechado quanto no mais aberto. À distância de 30 m da borda da plantação, as densidades de *P. oocarpa* alcançam mais de 5500 ind*ha^{-1} (BRAGA, ZENNI, HAY, 2014).

As populações invasoras são de 14 a 51 vezes maiores do que as populações inicialmente plantadas, estando na categoria D1 do esquema unificado proposto por Blackburn *et al*. (2011): população livre na natureza, autossustentável, com indivíduos sobrevivendo e reproduzindo a uma distância significativa do ponto de introdução.

3.1 Análises das matrizes populacionais

Utilizando os valores demográficos de cada estágio nos dois anos, foram calculadas as taxas vitais referentes à sobrevivência, crescimento e reprodução das duas populações (Fig. 3).
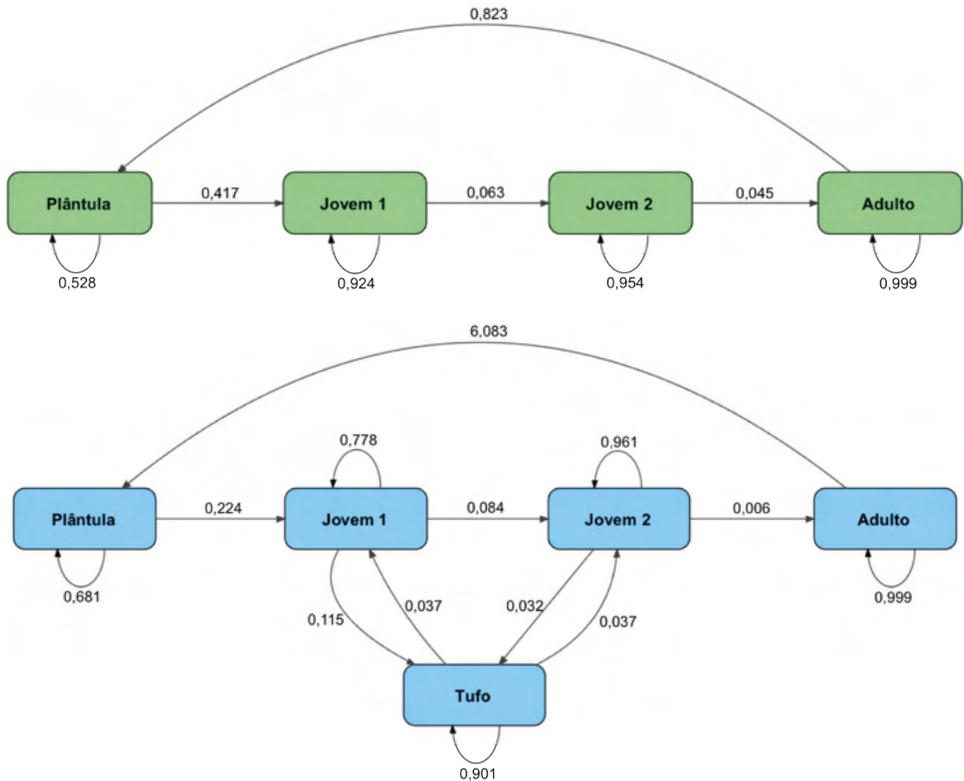
Fig. 3 Ciclos de vida de *Pinus caribaea* (verde) e *Pinus oocarpa* (azul) mostrando transições usadas para construir o modelo populacional. As setas indicam os caminhos possíveis no desenvolvimento da espécie e o recrutamento de plântulas; os números são as probabilidades de aquele evento acontecer no espaço de 1 ano.

O valor de λ para *P. caribaea* foi 1,092, ou seja, a população cresce 9,2% ao ano. Com a projeção da matriz de transição de *P. caribaea* por 22 anos, a população alcançaria a marca de 82570 indivíduos, uma população seis vezes maior que a atual. Para *P. oocarpa*, o valor de λ também ficou acima de 1, com taxa de crescimento anual de 7,3% da população (λ = 1,073). Na projeção da matriz de transição de *P. oocarpa* pelo mesmo período, a população teria 220478 indivíduos, quase 4,5 vezes maior que a atual.

As matrizes de sensibilidade calculadas foram

$$Scar = \begin{pmatrix} 0{,}071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}019 \\ 0{,}116 & 0{,}117 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}199 & 0{,}109 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}163 & 0{,}103 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}149 & 0{,}091 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}124 & 0{,}176 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0{,}372} & \mathbf{0{,}332} \end{pmatrix}$$

para a população de *P. caribaea* e

$$Sooc = \begin{pmatrix} 0,063 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,004 \\ 0,113 & 0,056 & 0,052 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,060 & 0,057 & 0,038 & 0,031 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,078 & 0,073 & 0,050 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,155 & 0,105 & 0,085 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,318 & 0 & 0,176 & 0,101 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,145 & 0,263 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{1,380} & \mathbf{0,325} \end{pmatrix}$$

para a população de *P. oocarpa*.

Em ambas as populações, o valor de sensibilidade que teve maior influência na variação da taxa de crescimento da população foi referente ao crescimento do indivíduo do estágio Imaturo para o Adulto, e segundo valor mais importante foi a taxa de sobrevivência de indivíduos adultos (ambos destacados em negrito). Isso significa que qualquer mudança no número de indivíduos que entram no estágio reprodutivo tem maior impacto no crescimento das populações do que a mesma mudança proporcional em qualquer outra taxa vital (BENTON, GRANT, 1999).

3.2 Sugestão de Manejo

A proposta de manejo simulou a intervenção direta da exclusão dos indivíduos de maior porte das populações, mas que ainda não se encontravam no estágio reprodutivo, já que este foi o estágio com maior valor de sensibilidade na matriz (0,372 para *P. caribaea* e 1,380 para *P. oocarpa*). No entanto, esta ação seria útil como controle da população invasora, mas não faria a população entrar em declínio, já que a exclusão dos maiores indivíduos de *P. caribaea* reduz o valor de λ para 1,007. Semelhante ao observado na simulação de *P. caribaea*, a população invasora de *P. oocarpa* teria seu tamanho controlado com o manejo, sem declínio, com λ = 1,01.

Uma simulação que emula uma intervenção mais incisiva mostra que pode ser eficaz na tentativa de erradicar as populações invasoras. Na simulação seriam excluídos todos os indivíduos de grande porte das populações, justamente os estágios que apresentaram maiores valores de sensibilidade: imaturos e adultos. Com a retirada dos indivíduos imaturos e adultos, a população entraria em declínio nas simulações para ambas as espécies. *P. caribaea* teria, ao final de 22 anos de constante extração e acompanhamento, uma população igual a 2117 em toda a área invadida, ou densidade de 1196 indivíduos*ha^{-1} e valor de λ = 0,88. Para *P. oocarpa*, os valores de população total e de densidade obtidos na simulação foram 12482 e 7052 ind*ha^{-1}, com λ = 0,94.

4 I DISCUSSÃO

Muitas plantas invasoras se tornam dominantes na comunidade que invadem devido à sua superioridade competitiva sobre espécies nativas vizinhas. Craine e Orians (2004)

verificaram diminuição da frequência e cobertura de herbáceas que estiveram sob influência de indivíduos de *Pinus halepensis*, observando que, sob a copa, houve a completa exclusão das espécies nativas e registro de facilitação de entrada de espécies ruderais. Outro estudo realizado em torno das plantações do Jardim Botânico de Brasília registrou que áreas com maior presença de *Pinus* apresentam valores menores na densidade e na riqueza da comunidade lenhosa de Cerrado (CAZETTA, ZENNI, 2019). Provavelmente os Pinheiros não excluíram outros indivíduos lenhosos previamente existentes, mas podem, por efeito de ocupação de espaço aéreo ou mesmo acúmulo de acículas, impedir o recrutamento de espécies nativas.

Ações que busquem excluir indivíduos de pinheiros adultos irão refletir no crescimento das populações, podendo promover um maior controle do avanço da invasão. Mesmo alcançando distâncias de mais de 450 m, aproximadamente 85% dos indivíduos de *P. oocarpa* que ocupam as áreas de Cerrado são encontrados em distâncias inferiores a 100 m da borda da plantação (BRAGA, ZENNI, HAY, 2014). Uma ação de exclusão de pinheiros de grande porte deve priorizar inicialmente a exclusão de indivíduos mais distantes, para evitar que a dispersão de propágulos seja ainda maior (BUCKLEY *et al.,* 2005). O ideal seria, preferencialmente, excluir os indivíduos de grande porte mais distantes mesmo antes de que se tornem reprodutivos (BUCKLEY *et al.,* 2005).

O corte dos indivíduos adultos das populações invasoras do Jardim Botânico de Brasília não representaria de fato uma diminuição da chuva de sementes dispersas no Cerrado, já que a principal fonte de propágulos ainda permaneceria intacta. Atualmente a diretoria do JBB tem buscado substituir aos poucos as áreas plantadas por jardins temáticos, mas enquanto as plantações não são totalmente excluídas, uma estratégia para amortecer a entrada de plântulas na população invasora seria retirar os cones das plantações. A retirada de cones é uma prática silvicultural comum para a colheita de sementes (LOPEZ-MATA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2015). A retirada de cones das plantações deve priorizar a extração dos cones dos indivíduos que se encontram mais externos da plantação, já que estes expõem mais os cones ao sol, provocando sua abertura (DVORAK, 2002), e não possuem barreiras físicas à disseminação. Importante também realizar essa extração em período antes da maior liberação de sementes que, em área de Cerrado, deve acontecer no período mais quente e seco do ano, entre os meses de agosto e outubro.

A diminuição do povoamento de *Pinus* certamente afetará a dinâmica das populações invasoras, mas ações mais contundentes são necessárias. Esforços de monitoramento e controle dos focos de invasão no Jardim Botânico de Brasília são necessários para que se possa ao menos começar a mitigar os impactos em curso e fazer com que o JBB seja eficaz na sua missão de preservar o Bioma Cerrado. O envolvimento de pesquisadores e o interesse dos administradores do JBB em buscar alterativas para controle efetivo das invasões melhora, e muito, o prospecto futuro da área, podendo até ser um caso de sucesso na erradicação de espécies invasoras. Uma outra área de aproximadamente 15

hectares dentro da área de Proteção Integral está exposta a plantações externas à Estação Ecológica (Lat: -15,878269581808924, Long: -47,86522415615354). Esta área teve todos os indivíduos retirados em 2019 e segue em monitoramento (Aline De Pieri, comunicação pessoal).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A invasão que está acontecendo no Jardim Botânico de Brasília é de possível controle e, melhor ainda, seus administradores tem interesse de lidar com ela. Esta pesquisa propôs algumas estratégias de manejo que podem funcionar como direcionadores para ações de combate. No entanto, independente da decisão da direção do Jardim Botânico, faz-se necessário monitorar e periodicamente quantificar as populações invasoras a fim de serem geradas informações que subsidiem uma simulação mais realista da invasão.

REFERÊNCIAS

BENTON, T.G.; GRANT, A. Elasticity analysis as an important tool in evolutionary and population ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 14, p: 467-471, 1999.

BLACKBURN, T.M. *et al*. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, p: 333-339, 2011.

BRAGA, E.P.; ZENNI, R.D.; HAY, J.D. A new invasive species in South America: *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. **Bioinvasion Records**, v. 3, p: 207-211, 2014.

BUCKLEY, Y.M. *et al.* Slowing down a pine invasion despite uncertainty in demography and dispersal. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p: 1020-1030, 2005.

CASWELL, H. **Matrix Population Models**: Construction, Analysis, and Interpretation. Sinauer, Massachusetts. 2001. 722p.

CAZETTA, A.L.; ZENNI, R.D. Pine invasion decreases density and changes native tree communities in woodland Cerrado. **Plant ecology & Diversity**, v.13, n. 1, p: 85-91, 2019.

COLAUTTI, R.I.; GRIGOROVICH, I.A.; MACISAAC, H.J. Propagule pressure: a null model for biological invasions. **Biological Invasions**, v. 8, p: 1023-1037, 2006.

CRAINE, S.I.; ORIANS, C.M. Pitch pine (*Pinus rigida* Mill.) invasion of Cape Cod pond shores alters abiotic environment and inhibits indigenous herbaceous species. **Biological Conservation**, v. 116, p: 181-189, 2004.

DVORAK, W.S. *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. **Tropical Tree Seed Manual**. p: 628-631. 2003.

GIBSON, D. **Methods in comparative plant population ecology**. Oxford University Press. 2nd ed. 2014. 320 p.

HIGGINS, S.I.; RICHARDSON, D.M. Pine invasions in the southern hemisphere: modelling interactions between organism, environment and disturbance. **Plant Ecology**, v.135, p: 79–93, 1998.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, v. 34, p: 283–362, 2004.

LOPEZ-MATA, L. The impact of seed extraction on the population dynamics of *Pinus maximartinezii*. **Acta Oecologica**, v. 49, p: 39-44, 2013.

PEREIRA, S. *et al*. Optimal management in *Pinus pinea* L. stands combining silvicultural schedules for timber and cone production. **Silva Fennica**, v. 49, n. 3. 2015.

PENETON, S.; PIVELLO, V.R. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. **Natureza & Conservação**, v. 6, p: 65-77, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: http://www.R-project.org/. 2021.

RICHARDSON, D.M.; WILGEN. B.W.; NUÑEZ, M.A. Alien conifer invasions in South America: short fuse burning? **Biological Invasions**, v.10, p: 573–577, 2008.

RICHARDSON, D.M.; REJMANÉK, M. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. **Diversity and Distributions**, v.10, p: 321-331, 2004.

ROSOT, M.A.D. *et al*. Implantação de reflorestamentos no estado do Paraná. **Revista da Madeira**, v. 83, 2004.

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; MENGES, E. Interpretation of elasticity matrices as an aid to the management of plant populations for conservation. **Conservation Biology**, v. 10, p: 591-597, 1996.

SIMBERLOFF, D. *et al*. Spread and impact of introduced conifers in South America: lessons from other southern hemisphere regions. **Austral Ecology**, v.35, p: 489–504, 2010.

STUBBEN, C.; MILLIGAN, B. Estimating and analysing demografic models using the *popbio* package in R. **Journal of Statistical Software**, v. 22, p: 1-23, 2007.

ZENNI, R.D.; ZILLER, S.R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, p: 431-446, 2011.

ZILLER, S.R.; DECHOUM, M.S. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em Unidades de Conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, p: 4-31, 2013.

CAPÍTULO 13

IMPACTOS DO USO DE ESPÉCIES EXÓTICAS NA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS: A PERCEPÇÃO DOS MORADORES ACERCA DO NIM–INDIANO (*AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS.)

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 06/08/2021

Antonia Rosizelia Martins Sampaio
Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Serrita – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/3015612144084537

Dan Vitor Vieira Braga
Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Salgueiro – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/1630002177734117

RESUMO: A ausência de legislação específica influencia no processo de arborização em vias públicas e urbanas, haja vista que a ação do poder público é crucial para o crescimento e desenvolvimento sustentável. A pesquisa objetivou analisar a ocorrência de A. indica e a percepção da população local acerca dos impactos causados pelo seu emprego na arborização de vias públicas em uma cidade do sertão central pernambucano. O estudo foi realizado na cidade de Serrita-PE. Teve com área foco de estudo a Avenida Rogério Canejo, no centro da cidade. Este trabalho deu-se através de uma pesquisa de campo, com duração de três meses (março a maio de 2021), teve abordagem de cunho quanti-qualitativo, distribuindo-se em duas etapas. Inicialmente, realizou-se um levantamento florístico das espécies presentes na área. Em seguida, ocorreu uma entrevista com 13 moradores da localidade. No levantamento florístico foram identificados 70 indivíduos, distribuídos em quatro espécies e quatro famílias botânicas. Foi possível constatar que a avenida possui baixa equitatividade de espécies e uma alta dominância de A indica, que destacou-se com 92,86% do total registrado. Com relação à percepção acerca de A. indica, todos os informantes afirmaram conhecer, salientando que às estruturas da planta que causam mais impactos são folhas, raízes e frutos, sendo que as duas primeiras possuem a mesma frequência relativa. No tocante aos danos acometidos pela espécie citada, os entrevistados destacaram calçadas estouradas por raízes, folhas soltas e diminuição da fauna local. Desta forma, percebeu-se que a comunidade estudada se apropria de conhecimentos superficiais, sem um embasamento científico acerca da problemática. Portanto, torna-se primordial o acesso as informações sobre os impactos que podem ser acarretados pela implantação de espécies exóticas, para que as interações ecológicas da região e as infraestruturas da cidade não sejam prejudicadas.

PALAVRAS - CHAVE: Espécies Exóticas. Degradação ambiental. Plano de arborização.

URBAN AFFORESTATION: THE PERCEPTION OF RESIDENTES ABOUT THE IMPACTS CAUSED BY INDIAN–NEEM (*AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS.)

ABSTRACT: The absence of specific legislation influences the afforestation process on public and urban roads, given that the action of public

authorities is crucial for sustainable growth and development. The research aimed to analyze the occurrence of A. indica and the perception of the local population about the impacts caused by its use in the afforestation of public roads in a city in the central hinterland of Pernambuco. The study was carried out in the city of Serrita-PE. Its focus of study was Avenida Rogério Canejo, in the center of the city. This work was carried out through a field research, lasting three months (March to May 2021), using a quanti-qualitative approach, divided into two stages. Initially, a floristic survey of the species present in the area was carried out. Then, there was an interview with 13 local residents. In the floristic survey, 70 individuals were identified, distributed in four species and four botanical families. It was possible to verify that the avenue has low species equality and a high dominance of A indica, which stood out with 92.86% of the total registered. Regarding the perception of A. indica, all informants said they knew, noting that the plant structures that cause the most impacts are leaves, roots and fruits, with the first two having the same relative frequency. Regarding the damage caused by the mentioned species, the interviewees highlighted sidewalks bursting with roots, loose leaves and a decrease in the local fauna. In this way, it was noticed that the studied community appropriates superficial knowledge, without a scientific basis about the problem. Therefore, it is essential to access information about the impacts that can be caused by the implantation of exotic species, so that the ecological interactions of the region and the city's infrastructure are not harmed.
KEYWORDS: Exotic Species. Ambiental degradation. Afforestation plan.

1 I INTRODUÇÃO

A implantação de árvores em vias urbanas tem como definição a palavra "florestar", que está ligada à atividade da silvicultura. Esse tipo de arborização não chega a formar ecossistemas florestais e mesmo sendo de grande aplicação em projetos paisagísticos, na maioria das vezes, é feito com espécies inadequadas para a região (MAGALHÃOS, 2006).

É indubitável que uma cidade bem arborizada, além de auxiliar na diminuição da poluição, ajuda na ornamentação das ruas e avenidas, melhora o microclima, ou seja, é de suma importância para o desenvolvimento da paisagem urbana (CASTRO, 2017). Conquanto, para Salviano (2019), quando não há um planejamento adequado para esse processo e ocorre o plantio de espécies vegetais inadequadas, uma série de impasses são causados à população e ao meio ambiente.

A ausência de legislação específica influencia no processo de arborização em vias públicas e urbanas em detrimento do uso de espécies de vegetações exóticas, ressaltando o Nim-Indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.), pois devido à falta de conhecimento da população, sua utilização ainda é muito presente, havendo o cultivo contínuo da espécie, acarretando em desequilíbrios ecológicos (CRISPIM *et al.*, 2014; SILVA, 2019).

Segundo Silva *et al.* (2018), é perceptível que há muito para ser constatado sobre os impactos ambientais acerca de *A. Indica*, haja vista que essa planta tem provocado reflexões pertinentes. Contudo, deve ser problematizada pela ciência de modo que obtenha cada vez mais ferramentas de discussão sobre a importância da preservação dos

ecossistemas com relação a esta.

Tendo em vista a crescente inserção da espécie supracitada no contexto urbano, é primordial o acesso às informações acerca dos danos causados por essa planta ao meio ambiente, uma vez que a população ao desconhecer seus aspectos morfofisiológicos faz o cultivo exacerbado, interferindo nas interações ecológicas a nível local. Ademais, sendo notórios os problemas que o cultivo inadequado pode acarretar, torna-se imprescindível a execução de trabalhos de educação ambiental com a comunidade estudada, a fim de conscientizá-la dos efeitos ocasionados pela referida planta (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Mediante o exposto, a presente pesquisa objetivou analisar a ocorrência de *A. indica* e a percepção da população local acerca dos impactos causados pelo seu emprego na arborização de vias públicas em uma cidade do Sertão Central Pernambucano.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ação do poder público é crucial para o crescimento e desenvolvimento sustentável da arborização urbana, pois muitos impactos ambientais resultam dessa ausência. No entanto, a população possui sua parcela de responsabilidade, visto que as necessidades e obrigações são inerentes aos habitantes, ou seja, a sociedade deve cobrar e também participar do processo de desenvolvimento sustentável (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

Para Soares e Pellizzaro (2019), é fundamental a elaboração de um Plano de Arborização, a fim de nortear decisões sobre quaisquer aspectos relacionados ao plantio de árvores, sendo elaborado de acordo com a realidade de cada cidade e, assim, tornando-se importante para a ocorrência do planejamento e implantação de um manejo adequado.

Esteves e Corrêa (2018), acrescentam que o planejamento do espaço a ser arborizado deve considerar a adaptação da espécie à zona climática, a área disponível para o seu desenvolvimento, a perda de folhas, a morfologia das raízes e prováveis interferências que poderão ser causadas as edificações e a infraestrutura.

A incidência do elevado número de espécies exóticas utilizadas no processo de arborização indica pouca valorização da flora nativa pela população, refletindo nas atitudes de preservação da vegetação existente no entorno da cidade. Visto isso, em decorrência da falta de conhecimento da grande diversidade de plantas nativas do país, é comum que haja predominantemente a introdução de espécies estrangeiras, muitas dessas sendo invasoras, gerando não só modificações nos ciclos ecológicos naturais como também desinformações acerca da flora regional (RUFINO; SILVINO; MORO, 2019).

De acordo com Nascimento e Guedes (2015), existe a substituição gradativa de árvores em vias públicas, destacando a implantação de *A. indica*, onde ruas e avenidas inteiras estão sendo arborizadas apenas com essa espécie, não havendo planejamento ou critério fitossanitário. Vale frisar as suas propriedades naturais que, por um lado, apresentam benefícios, mas se não houver um plantio e manuseio adequado, podem

causar danos ambientais.

A espécie mencionada, pertencente à Família Meliaceae, é originária da Ásia, onde por séculos se utilizava tradicionalmente para fins medicinais. Todavia, no Brasil, foi introduzida de forma ornamental tendo grande aceitação, porém não eram percebidos seus potenciais impactos ao meio ambiente (BORGES, 2017).

Para Moura *et al.* (2020), o predomínio elevado de *A. indica* no meio urbano não é uma problemática presente apenas no Nordeste, estendendo-se pelas diversas regiões do Brasil, podendo ser observado que os indivíduos dessa espécie possuem alto poder adaptativo em inúmeras cidades.

Coelho Junior *et al.* (2019), complementam que o uso dessa planta na arborização urbana tornou-se popular devido às suas características morfológicas, rápido crescimento e potencial de sombreamento, evidenciando, ainda, a resistência às condições adversas de solo e clima.

3 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado na cidade de Serrita – Pernambuco (Figura 1), distante a 544 km da capital estadual, Recife. O município está localizado no Sertão Central Pernambucano, apresentando uma população de aproximadamente 18.331 habitantes, distribuídos em uma área territorial de 1.535,190 km^2 (IBGE, 2010).
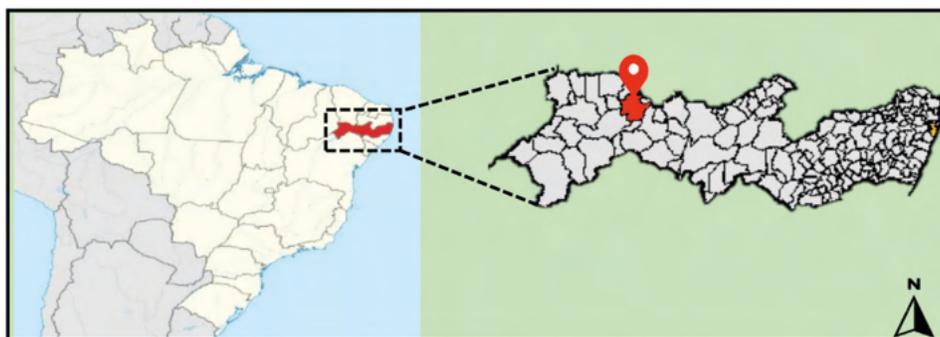
Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo onde foi desenvolvida a pesquisa.

Fonte: Modificado de Google (2021) e IBGE (2021).

A área foco do estudo situa-se na Avenida Rogério Canejo, no centro da cidade (Figura 2), possuindo uma extensão de dois quilômetros por 50 m de largura, com população de aproximadamente 337 habitantes (INFORMAÇÕES DO BRASIL, 2010). Vale salientar, ainda, que a Avenida apresenta faixa dupla, com arborização no canteiro central, na lateral direita e esquerda, sendo parcialmente iluminada nas laterais.
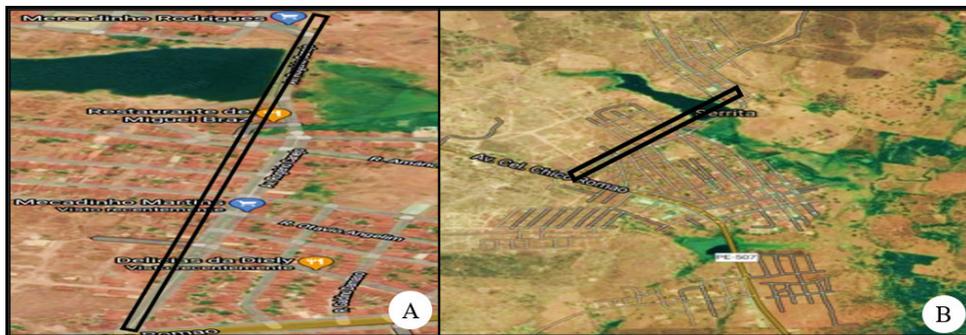
Figura 2 – Localização da área onde foi realizada a coleta de dados. A. Avenida Rogério Canejo; B. Cidade de Serrita-PE.

Fonte: Modificado de Google Maps (2021).

Este trabalho foi uma pesquisa de campo, com duração de três meses (março a maio de 2021), teve uma abordagem de cunho quanti-qualitativo e deu-se em duas etapas. Inicialmente, foi realizado o levantamento florístico de todos os indivíduos ocorrentes na área, sendo identificados de acordo com o percurso da Avenida (lateral esquerda, parte central e lateral direita). Foram incluídas no levantamento todas as espécies que estavam inseridas nas áreas, assim tornou viável determinar parâmetros florísticos como a riqueza de espécies, as frequências relativas e a dominância.

Em seguida, ocorreu uma entrevista com 13 moradores da localidade, através de um questionário semiestruturado que constou com oito perguntas, tendo como finalidade a obtenção de dados. Cabe ressaltar que o questionário foi em formato digital, elaborado na plataforma Google Formulários e enviado o "link" pelas redes sociais, onde cada informante externou a sua percepção acerca dos impactos advindos da inserção de *A. indica* no processo de arborização da Avenida mencionada.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento florístico foram identificados 70 indivíduos, distribuídos em quatro espécies e quatro famílias botânicas (tabela 1). Foi possível constatar que a avenida possui baixa equitatividade de espécies e uma alta dominância de *A indica*, que se destacou com 92,86% do total registrado, não atendendo as recomendações feitas por Ransan e Figueiredo (2015) ao frisarem que não é recomendado uma área exceder os valores de 10% de uma mesma espécie.

Os dados obtidos corroboram com estudos realizados por diversos autores, os quais observaram o mesmo padrão de predominância de espécies exóticas introduzidas em vias públicas e urbanas (CAVALCANTE NETO *et al.*, 2020; FIGUEIRA *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2012; RICHTER *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2019).

Família/Espécie	Nome Vernáculo	Origem	N.I	F.R%
Fabaceae *Enterolobium maximun* Ducke	Tamboril	Nativa	2	2,86
Meliaceae *Azadirachta indica* A. Juss	Nim-indiano	Exótica	65	92,86
Maraceae *Ficus benjamina* L.	Ficus-benjamin	Exótica	2	2,86
Moringaceae *Moringa oleífera* Lam	Acácia-branca	Exótica	1	1,43
Total			70	100%

Tabela 1 – Relação de espécies encontradas na arborização da área foco de estudo, segundo a família, espécie, nome vernáculo, origem, número de indivíduos e frequência relativa.

Legenda: N.I = número de indivíduos; F.R = frequência relativa (%).

Fonte: Própria (2021).

Além da elevada quantidade de *A. indica*, também se constatou a disposição inadequada da espécie no percurso da avenida, visto que algumas estão inseridas nas calçadas dos moradores e sob a rede de energia (figura 3). Todavia, Rodrigues *et al.* (2018) explicam que, sem ter consciência dos prejuízos que podem ser gerados, muitas vezes os próprios habitantes fazem esse plantio justificando o benefício climático ou o fato de morarem do lado da rua com alta incidência solar e, assim, serviria para gerar sombra.

Figura 3 – Visão geral da disposição de *A. indica* presente na Avenida Rogério Canejo.

Fonte: Própria (2021).

Com relação à percepção acerca do uso de *A. Indica* na arborização, todos os informantes afirmaram conhecer. Brasil (2013) e Lago (2019), explicam que essa popularidade dá-se em decorrência da ampla implantação nas propriedades da população e nos centros urbanos, associado ao interesse da comunidade de desenvolvimento científico que, nas últimas duas décadas, destinaram-se ao estudo dessa espécie, tornando-a ainda mais conhecida.

De acordo com 61,54% dos entrevistados, a avenida alvo do estudo possui uma ocorrência média de *A indica*, mesmo esta espécie presentando uma frequência relatica acima de 90%. Essa prevalência obserava para a espécie em questão é explicado por Rufino, Silvino e Moro (2019), onde apontam que, não obstante os riscos à biodiversidade ocasionados pelas espécies invasoras, à percepção popular ainda é precária, já que não há homogeneidade em reconhecer a predominância exacerbada de uma única espécie.

Para 53,84% dos respondentes está correta o uso de *A. indica*, pois afirmaram que contribui para uma boa arborização, ajudando a melhorar a umidade relativa do ar e tornando a via pública mais bonita. Silva *et al.* (2015), enfatizam que o aceite dessa planta é embasado na sua grande adaptabilidade, alto potencial para sombreamento, fácil manejo e rapidez no crescimento, fatores estes que não demandam muitos cuidados por parte dos moradores.

Em contrapartida, 46,15% declararam ser contra o uso desta espécie, afirmando que a planta é incompatível com a fauna e flora da Caatinga, causando danos ambientais e danificando paredes e calçadas. Essas afirmações são corroboradas por Silva e Sousa (2018), os quais apontam que o plantio de árvores exóticas, resultantes da falta de planejamento, afeta não apenas o meio ambiente como também a infraestrutura urbana.

Com relação aos órgãos da planta que causam mais impactos, os moradores citaram folhas, raízes e frutos, sendo que as duas primeiras obtiveram a mesma frequência relativa (gráfico 1). Essas mesmas observações foram feitas pelos entrevistados de Pinto e Lima (2019), que também destacaram tais estruturas como as principais causadoras de problemas à paisagem e, em virtude disso, tornando a arborização descontínua e inapropriada.
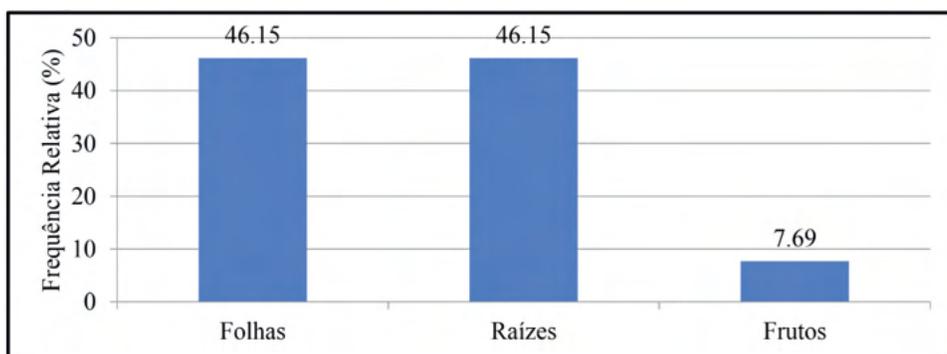
Gráfico 1 – Frequência relativa dos órgãos vegetais do Nin Indiano que causam impactos à paisagem.

Fonte: Própria (2021).

No tocante aos danos causados pela espécie em questão, os informantes destacaram a quebra do pavimento e das calçadas pelo cescimento das raízes, diminuição da fauna

local, que apresentaram a mesma frequência relativa, e a grande geração de resíduos (folhas mortas liberadas pela planta)(gráfico 2).

Esses resultados confirmam a colocação de Batista (2017), o qual afirma que arborização não é apenas a implantação de árvores, é necessário ter conhecimento a cerca das espécies que serão implantadas e quais interferências estas poderão causar ao bem-estar dos moradores, ao ecossistema e as edificações, ou seja, uma arborização correta também consiste em pensar antecipadamente sobre ações futuras.
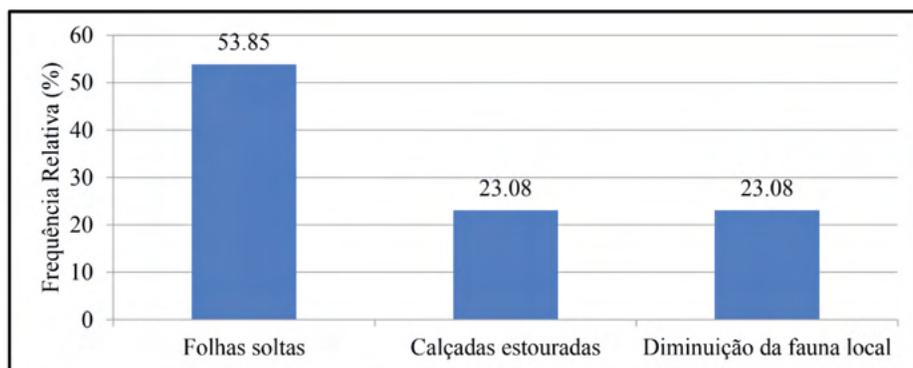
Gráfico 2 – Frequência relativa dos danos ocasionados pela emrego de *A. indica* na arborização da via pública.

Fonte: Própria (2021).

No que tange aos possíveis danos causados aos animais pelo cultivo demasiado de *A. indica* na arborização da via pública, 61,54% dos informantes demonstraram ter um conhecimento prévio. Dentre estes, foram citados efeitos abortivos e esterilidade em pássaros (46,15%), prejuízos ao desenvolvimento dos insetos (30,77%) e toxidade a algumas abelhas (gráfico 3).

A partir destes dados, torna-se necessário enfatizar o argumento de Coelho Junior *et al.* (2015), que constataram nos seus estudos os inúmeros problemas acarretados pela priorização dessa espécie no meio urbano, destacando as interferências nas interações ecológicas, uma vez que plantas invasoras alteram a biota local.
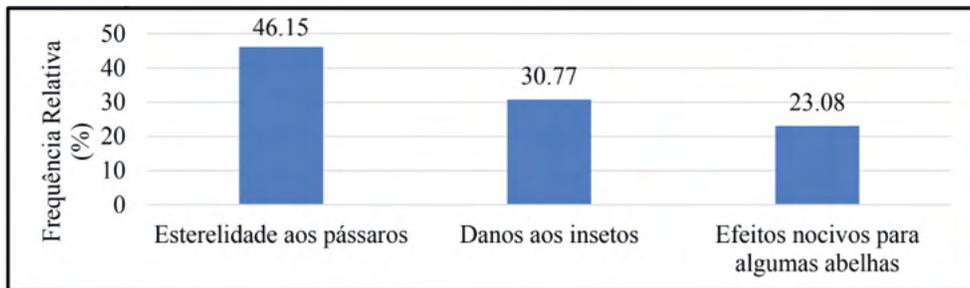
Gráfico 3 – Danos que podem ser causados aos animais pela implantação demasiada de *A indica* na arborização.

Fonte: Própria (2021).

Entretanto, 38,46% dos informantes nunca ouviram falar que essa planta causasse malefícios aos animais. Pessôa (2017), aponta que em razão de *A. indica* ser uma exótica naturalizada, muitas pessoas não buscam um conhecimento científico sobre ela, levando em consideração apenas os saberes empíricos. Em virtude disso, Fischer *et al.* (2017) ressaltam que é de fundamental relevância promover a educação ambiental como uma forma de conscientizar os moradores sobre os danos que as espécies exóticas podem ocasionar ao serem inserida de maneira desordenada.

Todos os entrevistados afirmaram que outras espécies poderiam substituir gradativamente *A. indica* na arborização. Houve uma diversidade quanto às sugestões, sendo que a maioria citou o ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos) (38,46%), seguido de cassia-do-nordeste (*Senna spectabilis* (DC.) H. S. Irwin & Barneby) (23,08%), pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) (15,38%). Também foram mencionadas árvores frutíferas, sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth) e plantas do bioma Caatinga, que alcançaram o mesmo percentual (gráfico 4).
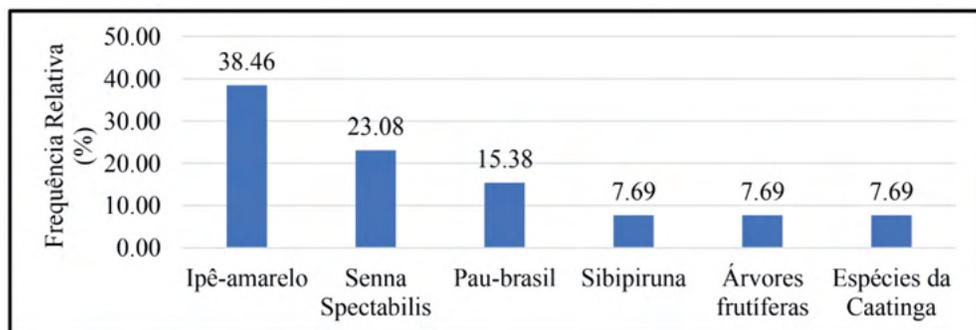
Gráfico 4 – Sugestões de espécies para uma possível substituição de *A. indica* na arborização.

Fonte: Própria (2021).

Esses resultados corroboram com Castro (2017), que afirma a necessidade de substituição das espécies invasoras por espécies compatíveis com a vegetação existente no semiárido do país, a fim de que os impactos ambientais oriundos de um paisagismo inadequado possam ser parcialmente compensados e, consequentemente, a qualidade ecológica e cultural no ambiente urbano seja melhorada.

5 I CONCLUSÕES

A partir do observado, ficou evidenciado que a popiulação local possui uma maior prefereência por *A. indica* na arborização de vias na cidade. Percebeu-se que a comunidade local se apropria de conhecimentos superficiais, sem um embasamento científico acerca da problemática, para definir as espécies que serão implantadas nas vias, sem acompanhamento técnico, nem planejamento prévio.

Diante do exposto, foi possível constatar que arborização urbana não consiste somente na implantação de árvores nas ruas, é necessário que haja um planejamento adequado, ou seja, estudos que envolvam as áreas disponíveis para o desenvolvimento da planta e se esta será compatível com a fauna e flora local.

Portanto, torna-se primordial o acesso as informações sobre os impactos que podem ser acarretados pela implantação de espécies exóticas na arborizaçao urbana, para que as interações ecológicas da região e as infraestruturas da cidade não sejam prejudicadas.

REFERÊNCIAS

BATISTA, E. M. A. **Levantamento e identificação das árvores usadas na arborização de algumas ruas do município de Sumé-PB**. 2017. 56 p. Monografia (Tecnóloga em Agroecologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé-PB, 2017.

BORGES, C. E. F. **Extração de solúveis da folha de nim (*Azadirachta indica*) para agroindústria**. 2017. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de Uberaba, Uberaba, 2017.

BRASIL, R. B. Aspectos botânicos, usos tradicionais e potencialidades de *Azadirachta indica* (Neem). **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1-17, 2013.

CAVALCANTE NETO, A. A.; SANTOS, G. C. S.; GONDIM, T. C. F. S.; BARROSO, D. F. R.; PARENTE, I. P.; SOUZA, T. R. M.; COSTA, V. M. Levantamento florístico e fitossociológico de praças públicas do município de Dom Pedro/MA. **Revista Ibero Americanas de Ciências Ambientais**, v 11, n. 6, p. 738-746.

COELHO JUNIOR, W. P.; LEITE, C. E. A. M.; BARBOSA, F. S. Q.; BENDINI, J. N.; PACHECO, A. C. L.; ABREU, M. C. Espécies utilizadas na arborização das vias públicas do bairro centro na cidade de Picos – PI. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 4, n. 3, p. 209-215, 2019.

CRISPIM, D. L.; SILVA, M. A.; CHAVESS, C. G.; ALMEIDA, R. R. P.; FREITAS, A. J. F. Diagnóstico da arborização urbana do centro da cidade de Pombal – PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 9, n. 1, p. 191-196, 2014.

FIGUEIRA, E. O.; MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. C.; SILVA, J. J.; ALVES, F. N.; SANTOS, J. L.; TENÓRIO, R S. Diversidade florística em quatro bairros de Santarém, Pará. **Biodiversidade**, v. 19, n. 2, p. 69-81, 2020.

FISCHER, M L.; PAROLIN, L. C.; VIEIRA, T. B.; GABARDO F. R. A. Bioética ambiental e educação ambienta: levantando a reflexão a partir da percepção. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 58-84, 2017.

INFORMAÇÕES DO BRASIL. **Avenida Rogério Canejo, Serrita – PE**. Disponível em: <https://informacoesdobrasil.com.br/rua/pe/serrita/avenida-rogerio-canejo+6456>. Acesso em: 06 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/serrita/panorama>. Acesso em: 05 abr. 2021.

LAGO, L. S.; PARLANDIM, L. S.; REIS, L. O.; PEREIRA, B. C.; ABREU, L. P. Análise quali-quantitativa da arborização de um condomínio horizontal na cidade de Corrente-Piauí (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Piauí, v. 7, n. 2, p. 29-39, 2019.

MAGALHÃOS, L. M. S. Arborização e florestas urbanas - terminologia adotada para acobertura arbórea das cidades brasileiras. **Série Técnica Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 0, p. 23-26, 2006.

MOURA, J. S.; PEREIRA, A. C. M.; SANTOS, J. S.; SANTANA, S. H. M.; SILVA, M. A. M.; FERREIRA, W. N. Inventário florístico e percepção da população sobre a arborização urbana na cidade de Brejo Santo, Ceará. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 75773-75792, 2020.

NASCIMENTO, J. F.; GUEDES, J. A. Arborização urbana do espaço público de Major Sales. **Caderno de Estudos Geoambientais**, Niterói, v. 6, n. 1, p. 17-31, 2015.

PESSÔA C. S**. Percepção da população urbana sobre a flora e arborização na cidade de Fortaleza-CE**. 2019. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Ambientais) - Universidade federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2019.

PINHEIRO, R. P.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 67–82, 2017.

PINTO, F. P. A.; LIMA, G. A. Análise da arborização urbana na área central do município de Quixadá. In: XV ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNI7, 15, 2019. Fortaleza. **Anais**… Fortaleza: Centro Universitário 7 de Setembro, 2019.

RANSAN, J.; FIGUEIREDO, A. M. B. A arborização urbana no município de Chapecó e a importância do plantio de espécies condizentes ao local. **Revista Científica Tecnológica**, v. 3, n. 2, p. 16-33, 2015.

RICHTER, C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, A. R. C.; FERRAZ, R. C.; DAVID, A. F. Levantamento da arborização pública de Matas/RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba-SP, v. 7, n 3, p. 88-86, 2012.

RODRIGUES, F. W. A.; RODRIGUES, L. A.; RODRIGUES, C. A.; BRAGA, D. V. Uso etnobotânico e conservação de espécies nativas do bioma Caatinga: como esta relação é percebida por uma comunidade rural do semiárido pernambucano. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2, 2017. CAMPINA GRANDE. **Anais**…Campina Grande: Editora Realize, 2017.

RUFINO, M. R.; SILVINO, A. S.; MORO, M. F. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 70, p. 1-10, 2019.

SALVIANO, V. M. **Arborização urbana como ferramenta educacional e ecológica em Soledade-PB**. 2019. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de especialista). Instituto Federal da Paraíba, Picuí, 2019.

SILVA, A. P.; LIMA, C. C.; MELO, M. F.; NUNES, M. V.; SOUZA, F. C. A.; LEITE, R. L.; CAVALCANTE, C. A. M. Diversidade da flora utilização na arborização urbana no município de Morada Nova, Ceará, Brasil. In: II SIMPÓSIO DA RGV NORDESTE, 2, 2015. Fortaleza. **Anais**…Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015.

SILVA, G. A.; LIMA, J. R.; ROCHA, I C. A.; FERREIRA, V. S. G.; OLIVEIRA, E. Avaliação quali-quantitativa de espécies arbóreas e arbustivas em dua praças do bairro Noé Trajano, Patos-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v. 5, n. 4, p. 287-293, 2019.

SILVA, M. M.; MENDES, A. P. S.; AERRE, S. F.; PESSOA, C. V. Nim indiano (*Azadirachta indica*): malefícios para o meio ambiente. **Mostra Científica da Farmácia**, Quixadá, v. 5, p. 1-1, 2018

SILVA, S. T.; SOUSA, B. H. Diagnóstico da arborização urbana do município de Guarabira-Paraíba. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, v. 29, n. 41, p. 167-184, 2018.

SOARES, J.; PELLIZZARO, L. Inventário da arborização urbana do município de Amperé (Paraná – Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 111-127, 2019.

CAPÍTULO 14

MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE CANUDOS

Data de aceite: 21/09/2021

Leticia de Oliveira Maia
Universidade de São Paulo, USP.
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA
Pirassununga/SP

Victor Dédalo Di Próspero Gonçalves
Universidade de São Paulo, USP.
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA
Pirassununga/SP

Karolini Buoro Araújo
Universidade de São Paulo, USP.
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA
Pirassununga/SP

Ana Gabrielle Rodrigues Pereira
Universidade de São Paulo, USP.
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA
Pirassununga/SP

Eliana Setsuko Kamimura
Universidade de São Paulo, USP.
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA
Pirassununga/SP

RESUMO: Dentre os itens de higiene pessoal, como escovas de dente e cotonetes, até utensílios de cozinha, como copos, canudos, talheres e sacolas, os plásticos têm ocupado um espaço cada vez maior no cotidiano de todas sociedades. Essa ampla utilização se deve, principalmente, à praticidade que os utensílios plásticos proporcionam, sendo utilizados e, logo em seguida, descartados. Neste sentido, os canudos plásticos são um exemplo muito comum, sendo amplamente distribuídos em bares, restaurantes e lanchonetes *fast-food* para consumo de bebidas. Porém, o plástico leva mais de 100 anos para se decompor, sendo extremamente prejudicial para o meio ambiente. Desta forma, o objetivo deste estudo foi reunir as principais informações acerca de materiais alternativos e biodegradáveis para a produção de canudos.
PALAVRAS - CHAVE: Plástico; canudos; meio ambiente; biodegradáveis.

ABSTRACT: Among personal hygiene items, such as toothbrushes and cotton swabs, to kitchen utensils, such as cups, cutlery and bags, plastics have occupied an increasing space in the daily lives of all societies. This wide use is mainly due to the practicality that plastic utensils provide, being used and then discarded. In this sense, plastic straws are a very common example, being widely distributed in bars, restaurants and fast-food restaurants for beverage consumption. However, plastic takes over 100 years to decompose and is extremely harmful to the environment. Thus, the objective of this study was to gather the main information about alternative and biodegradable materials for the production of straws.
KEYWORDS: Plastic; straws; environment; biodegradable.

1 | UM BREVE HISTÓRICO DO PLÁSTICO

Segundo Miranda *et al.* (2018), a palavra plástico é proveniente do grego *plástikos* cujo significado é “flexível”. Logo, trata-se de todo material que pode ser trabalhado por pressão e calor para confecção de outros objetos. Dessa forma, os diversos objetos presentes no nosso cotidiano não são provenientes diretamente da natureza, mas passaram por uma série de transformações para sua confecção.

Em 1839, o químico Charles Goodyear (1800-1860) ficou conhecido por ter criado o processo de vulcanização da borracha, que consiste na adição de enxofre, tornando o material mais resistente a variações de temperatura e pressão. Já em 1862, Alexander Parkes contribuiu para a descoberta de um material orgânico chamado parkesina, que é derivado da celulose. A parkesina era flexível, resistente à água e facilmente trabalhada, bem como possuía cor opaca. Era uma ótima opção para diminuir a dependência da indústria em relação à borracha. Entretanto, seu custo de produção era muito elevado, o que fez com que ela perdesse importância e não fosse amplamente utilizada. Em 1907, Leo Hendrik Baekeland, um químico belga, criou um composto que ficou conhecido pelo nome de baquelita, sendo a primeira resina totalmente sintética já inventada. Para criá-la, foi necessário o controle de variações de calor e pressão do composto. Isso tornou-se possível graças à combinação de fenol e aldeído (MIRANDA *et al.*, 2018). Em pouco tempo, a baquelita ganhou espaço em diversos cenários. De modo geral, a resina teve notoriedade em aplicações de isolamento elétrico, mas também foi aplicada na produção de discos, tomadas e telefones. Em 1916, a *Rolls Royce*, fabricante de carros, passou a utilizar o produto em seus automóveis e, posteriormente, laminados fenólicos também estavam sendo produzidos. A baquelita foi largamente produzida até o falecimento de seu criador. No entanto, até hoje é produzida em boa escala (GILBERT, 2017).

Em 1920, Hermann Staudinger iniciou seus estudos sobre polímeros naturais e sintéticos, bem como suas composições. Staudinger mostrou que os polímeros são constituídos de moléculas menores que formam longas cadeias por meio de uma reação chamada polimerização. Já por volta dos anos 30, nasceu o poliestireno, que tem como base o eteno e o benzeno. Mas foi só em 1936, na Europa, que ele começou a ser comercializado. A primeira fábrica de poliestireno no Brasil foi inaugurada oficialmente em 1949, no Estado de São Paulo. Logo foi iniciada a produção comercial do poliestireno de alto impacto. F. H. Lambert, também cientista, em meados dos anos 60, contribuiu para o desenvolvimento do processo de moldagem de poliestireno expandido (MIRANDA *et al.*, 2018).

A década de 1940-1950 foi marcada pelo desenvolvimento de novos tipos de plásticos, criados a partir da necessidade pós-guerra. Diversos materiais, como a borracha natural, estavam em escassez, o que provocou o estudo de alternativas para substituí-los. Nos Estados Unidos, em especial, a pesquisa sobre a formação de polímeros foi

notória, resultando na produção de diversos materiais em larga escala. Poliamida 66, Politetrafluoroetileno (PTFE) e Teflon são exemplos de produtos que passaram a ser produzidos a partir de então. Ademais, produtos como Polietileno (PE) e Poliestireno (PS) também ganharam nova perspectiva. Antes, a produção destes produtos era cara e, portanto, utilizados para fins específicos. Posteriormente, a produção desses produtos em larga escala barateou seu valor, o tornando mais acessível e, consequentemente, competitivo com os plásticos tradicionais, que já estavam sendo ultrapassados por diversos fatores (GILBERT, 2017).

A utilização do plástico possui diversas vantagens e, por isso, ele ocupa o lugar de uma série de materiais utilizados pelo homem há muitos séculos, como vidro, madeira, algodão, celulose, metais, lã, marfim, dentre outros. Isso facilitou o acesso aos objetos antes produzidos com essas matérias-primas pela população de baixa renda da época. Por exemplo: há algumas décadas, a utilização de sacolas plásticas era algo bastante comum. Hoje, descobriu-se o grande impacto que estas causam para o meio ambiente e para a sociedade. No mundo inteiro, as sacolas plásticas são consumidas de 500 bilhões a 1 trilhão de unidades por ano. Como estão associadas à facilidade e ao conforto das pessoas, na maioria dos casos, são utilizadas apenas uma vez e logo descartadas – normalmente, de forma incorreta (ALMEIDA *et al.*, 2020).

Entretanto, a descoberta do poliestireno, polietileno, PVC, poliamidas (nylon) e poliéster, aliada aos conhecimentos das técnicas de polimerização contribuiu, nos últimos anos, para a criação de outros materiais plásticos com ótimas características físicas e mecânicas além de alta resistência ao calor. Esses materiais são amplamente usados nos projetos de engenharia e também pela indústria para diversas finalidades (MIRANDA *et al.*, 2018).

A partir de 1945, os materiais produzidos a partir do plástico passaram a fazer parte do cotidiano de todos, independentemente de condição social, fazendo com que a utilização do aço cedesse lugar ao plástico. Com a ampla utilização e comercialização do plástico em todo o mundo, novas demandas surgiram, como produtos descartáveis, utensílios para o lazer, eletrodomésticos, entre outros. Em todos estes setores, os estudos e técnicas de melhoramento e aprimoramento dos compostos plásticos têm sido uma constante preocupação. Os plásticos estão presentes no cotidiano de todos, além de terem sido responsáveis por grandes avanços e benefícios para a sociedade moderna. Na indústria, por exemplo, geram milhões de empregos e estão presentes em diversos setores da economia. Desde sua descoberta, o plástico se tornou um material importante e tem diferentes aplicações em diversos setores: automobilístico, de embalagens, de eletrônicos, de informática, de saúde, de construção civil e de tecidos (MIRANDA *et al.*, 2018).

A produção de plástico disparou nas últimas cinco décadas e continua aumentando devido à crescente demanda, como pode ser observado na Figura 1. Desde 1950, o crescimento médio anual da fabricação de plástico foi de 8,5 %. Estima-se que 4 % do

petróleo global é usado para produzir plásticos e outros 4 % são usados para executar os processos de fabricação de plásticos. Com o aumento da população e padrões de vida mais elevados, o uso global projetado dessa matéria-prima aumentará de 90 Gt para 167 Gt até 2060 (ROY *et al.*, 2021).
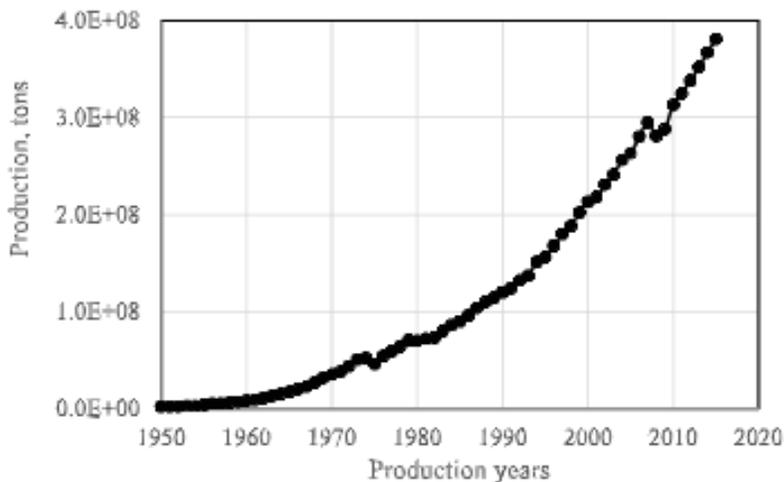
Figura 1: Produção global de plástico em diferentes anos.

Fonte: Roy *et al.* (2021).

Contudo, em meados dos anos 90 os plásticos biodegradáveis começaram a ganhar mais espaço no cenário mundial: a *Warner Lambert*, empresa norte-americana, criou o Novon, que se tratava de uma resina cuja base é o amido. Além disso, a *Eastman 9 Chemical Co.* e a *Goodyear* reciclaram garrafas de PET (politereftalato de etileno), transformando-as em um monômero puro. Estes dois eventos ocasionaram uma nova forma de pensar sobre os compostos plásticos, principalmente no que diz respeito a sua comercialização e produção no âmbito mundial, tanto que, no ano de 1991, as empresas *Coca-Cola* e *Hoechst* começaram a utilizar as primeiras embalagens feitas com plástico reciclável para envase de seus produtos. Também podiam ser encontrados em lojas e centros comerciais camisetas feitas de fibras, cuja produção era feita por meio da reciclagem do PET. Para atender às novas demandas e visando se adequar à nova mentalidade sustentável em constante difusão, as empresas começaram a estudar a criação de plásticos cujas bases eram por exemplo, o amido e a cana-de-açúcar, cuja decomposição ocorre pelo menos vinte vezes mais rápido que os plásticos normais (entre 80 e 120 dias) além de sua decomposição resultar em CO_2 e água (MIRANDA *et al.*, 2018).

2 I IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO PLÁSTICO

Atualmente, a principal categoria de uso de plástico é a embalagem, seguida por produtos de consumo domésticos. Na Europa, por exemplo, as embalagens representam 40 % dos plásticos produzidos, seguidos dos produtos de consumo doméstico (22 %) e da construção (20 %). A embalagem é responsável por uma grande quantidade de resíduos (61 % dos resíduos de plástico gerados na Europa, em 2018, foram de embalagens), porque as embalagens de plástico muitas vezes têm uma vida curta e descartável. A redução dos resíduos de plástico gerados pelas embalagens terá, portanto, um grande impacto na poluição global do plástico (FLURY; NARAYAN, 2021).

Reduzir o desperdício de plástico nas embalagens é uma tarefa difícil, pois existe a necessidade de um novo paradigma para a economia do plástico. Esse novo paradigma, baseado no modelo de economia circular, foi proposto e implementado por *Ellen MacArthur Foundation.* A visão desse modelo é que o plástico nunca se torne resíduo e é baseado em cinco pontos-chave: eliminação de embalagens de plástico desnecessárias, reutilização sempre que possível, embalagens feitas 100% reutilizáveis, recicláveis, ou compostáveis, produção de plásticos a partir de recursos renováveis e embalagens plásticas livres de aditivos perigosos (FLURY; NARAYAN, 2021).

Quando os plásticos não são descartados corretamente, eles se fragmentam em partículas menores, que são chamadas microplásticos. Essa decomposição pode ser resultante de fatores de ordem química, biológica ou física. Em uma pesquisa realizada no ano de 2017, constatou-se que a quantidade de canudos plásticos que foram comercializados no Brasil foi de cerca de 8,862 bilhões de unidades (MAILES NETO, 2019).

A organização *Ocean Conservancy*, em 2018, realizou um estudo e compilou dados a respeito de um mutirão voluntário para coleta de lixo ao redor do mundo, em um único dia específico (*International Coastal Cleanup*). No total, foram coletados 20,8 milhões de objetos. De todos os itens recolhidos, constatou-se que nove dentre dez produtos eram fabricados a partir do plástico e eram descartáveis, mostrando que esse tipo de material é largamente encontrado no lixo marinho e costeiro. Como se não bastasse, ainda nesse mesmo estudo, os canudos plásticos ocuparam a sétima posição dentre os lixos mais recolhidos no ano de 2018 (MAILES NETO, 2019).

Além de ser constantemente encontrado como lixo marinho e costeiro, o plástico pode causar danos físicos aos animais e, quando presente nos oceanos, pode liberar substâncias químicas que são cancerígenas (KRIMSKY, 2008). Ademais, o lixo plástico pode aumentar a incidência de doenças em corais, causando-os sérios danos e até levando-os à morte (LAMB *et al.*, 2018). Cerca de 700 espécies de animais marinhos são ameaçadas pela ingestão ou entrelaçamento de detritos plásticos. Recentes descobertas sugerem que os animais marinhos podem ser atraídos por detritos plásticos não só pelo aspecto, mas também pelo cheiro (PFALLER *et al.*, 2020). Na literatura consta que mais

de 260 espécies já tiveram contato com resíduos plásticos descartados incorretamente. Tartarugas, peixes e outros mamíferos já ingeriram ou ficaram emaranhados em detritos, sendo que este contato pode causar lacerações, úlceras e cortes nos animais, além de poderem prejudicar a movimentação, alimentação e reprodução dos mesmos (THOMSON *et al.,* 2009).

Identificar fontes e sumidouros de plásticos marinhos pode ser difícil porque as fontes de poluição em terra e no mar são frequentemente desconhecidas e o transporte de partículas de plástico e os processos de envelhecimento são altamente dinâmicos e complexos. No entanto, pesquisas recentes sugerem que as principais fontes são litorais, rios e atividades marítimas, como por exemplo a pesca. (GALGANI; PHAM; REISSER, 2017)

Os impactos negativos do lixo plástico não se restringem aos danos à biodiversidade, mas também geram poluição visual, afetam atividades econômicas – como o turismo e a pesca, além de gerar danos às embarcações, quando se encontram em corpos hídricos (MAILES NETO, 2019).

3 | OS CANUDOS PLÁSTICOS E O IMPACTO AMBIENTAL

Conforme o estudo de Miranda *et al.* (2018), os primeiros canudos surgiram por volta de 3.000 a.C. Esses objetos eram confeccionados pelos sumérios para evitar os subprodutos sólidos da fermentação da cerveja, que se depositavam no fundo do copo. Eles eram feitos de ouro e pedras preciosas azuis, e se assemelhavam a bombas para consumo de chimarrão e tererê. Já em meados de 1800, o canudo tinha como base o centeio (ou palha) e era de baixo custo e macio, por isso se tornou muito utilizado. No entanto, ele se desfazia facilmente quando entrava em contato com a água, conferindo sabor de centeio a todas as bebidas no qual era utilizado. Como alternativa a esse problema, o canudo de papel surgiu em 1888. Porém, com a difusão e ampla utilização do plástico pelas indústrias, os canudos começaram a ser confeccionados com esse tipo de material.

Embora haja uma ampla gama de materiais para confecção dos canudos, a maior parte deles ainda é feito a partir do plástico. Canudos plásticos são criados por meio do processo de moldagem em máquinas extrusoras (MAILES NETO, 2019).

Os canudos de plástico geram cerca de 4 % de todo o lixo plástico do mundo e, por serem criados a partir do polipropileno e poliestireno, não são biodegradáveis, podendo levar até mil anos para sua completa decomposição. Mesmo se forem corretamente descartados, os canudos podem escapar pela ação do vento (principalmente por serem leves e pequenos) ou serem carregados pelas chuvas para mares e rios, ameaçando a fauna e flora. Estima-se que 90 % das espécies marinhas já tenham ingerido produtos de plástico em algum momento durante seu ciclo de vida (MIRANDA *et al.*, 2018; ROY *et al.*, 2021).

4 I OS CANUDOS BIODEGRADÁVEIS

Atualmente, em virtude da crescente preocupação ambiental e tendo em vista os danos causados ao meio ambiente, fauna e flora, estudos têm sido realizados para confecção de canudos a partir de outras bases, principalmente as de origem natural, ou seja, a partir de fontes biodegradáveis (FERREIRA *et al.*, 2019).

Os materiais chamados biopolímeros (ou bioplásticos) podem ser confeccionados tendo como base alimentos frescos (como resíduos da fabricação de sucos ou de outros processos industriais). Desses resíduos são obtidos polissacarídeos, considerados polímeros naturais. Eles são formados por macromoléculas de longas cadeias de carboidratos, assim como os compostos plásticos feitos com derivados do petróleo. A maioria dos biopolímeros é também biodegradável, ou seja, se deterioram rápida e naturalmente (FERREIRA *et al.*, 2019).

Os polímeros que possuem bases naturais em sua composição apresentam diversas aplicações. Farias *et al*. (2016) realizou uma pesquisa e observou as principais fontes e aplicações dos biopolímeros, como consta na Tabela 1.

Biopolímeros	Fonte	Aplicações
Amido Celulose Lignina	Plantas	Melhoramento de gel, nanocompósito/ nanopartícula/nanofibra, polióis e espumas
Ágar Alginato Carragena	Algas marinhas	Gel/hidrogel, nanocompósito/nanopartícula e filmes
Gelatina	Desnaturação do colágeno	Gel, nanofibras e filmes
Quitosana	Exoesqueleto de crustáceos	Filmes, nanopartículas, nanocompósitos e nanocarreador

Tabela 1. Principais biopolímeros, suas fontes e aplicações.

Fonte: Adaptado de Farias *et al*. (2016).

Ferreira *et al*. (2019) descreve canudos que foram criados pelos espanhóis Víctor Sánchez, Enric Juviña, Michael Baraffé e Carlos Zorzano, que são chamados de “sorbos”. A criação deles serve como alternativa aos canudos de plástico, que estão causando muitos danos ao meio ambiente. Os sorbos, ao entrarem em contato com bebidas, resistem cerca de 25 minutos sem se dissolver. Depois de usá-los, é possível ingeri-los, uma vez que são feitos de gelatina, açúcar e amido, nos sabores limão, canela, lima, maçã-verde, chocolate, gengibre e morango. Em caso de descarte, este tipo de canudo causa menos impacto ao meio ambiente, por ser biodegradável, tendo sua decomposição completa em poucos dias.

Segundo Pisco (2019), a produção de diferentes bioplásticos a partir de amido

(da tapioca e da batata) e a partir da gelatina, com a utilização de glicerol e óleo de girassol como agentes plastificantes teve um resultado satisfatório, além de ambas serem provenientes de fontes renováveis e de baixo custo. Para os polímeros feitos a partir do amido, verificou-se que a maior resistência e maleabilidade ocorreu para as maiores quantidades de plastificante testadas. Já para os polímeros de gelatina, verificou-se a formação de biofilmes mais rígidos e frágeis se comparados aos de amido.

De acordo com Bertotto (2019), o desenvolvimento de filmes ativos com coprodutos da extração comercial de própolis (CP) e coproduto de suco de maçã (CM) para elaboração de embalagens plásticas biodegradáveis para uso em alimentos foi satisfatória no quesito de propriedades mecânicas de flexibilidade, resistência e rigidez, nas concentrações adicionadas de coproduto em comparação ao filme controle.

Bomfim (2019) estudou a produção de um filme biodegradável a partir do amido do arroz vermelho com alginato de sódio e glicerol foi satisfatória, em comparação aos filmes produzidos somente com alginato e glicerol. Os filmes provenientes do amido apresentaram uma boa continuidade e excelente manuseabilidade. Com relação aos resultados, verificou-se que a espessura dos filmes elaborados apenas com alginato de sódio possuíram o menor valor quando comparados com as demais formulações. No parâmetro de luminosidade, a adição do amido deixou o filme com uma coloração avermelhada. No entanto, no quesito de biodegradabilidade, foi possível notar de forma lenta a decomposição dos biofilmes.

Segundo Costa e Oliveira (2020), a adição de queratina (0, 10 e 20 % em relação à quantidade de amido), oriunda de penas de frangos, aos biofilmes de amido de milho-glicerol, mostrou-se promissora, pois os valores da transparência, espessura, gramatura e densidade não foram afetados com os tratamentos, enquanto que os da solubilidade em água e da taxa de permeação ao vapor de água dos filmes reduziram com o aumento da quantidade de queratina, sendo uma característica importante para que o material não se dissolva na presença de água, conferindo maiores possibilidades de aplicação.

De acordo com Fialho (2019), a preparação de filmes biodegradáveis de amido de mandioca contendo celulose bacteriana parcialmente purificada apresentaram resultados positivos. Para tanto, o método *casting* foi utilizado para preparar filmes contendo ácido cítrico e glicerol e diferentes quantidades do hidrolisado de celulose bacteriana parcialmente purificada. O hidrolisado de celulose bacteriana possui potencial para melhorar as características mecânicas de alguns filmes, já que houve aumento na resistência à tração e elongação em relação ao material controle sem o hidrolisado de celulose bacteriana. Isso mostra que estes filmes são compostos potenciais para a produção e desenvolvimento de biopolímeros.

Segundo Rosas (2019), o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas formuladas com amido de mandioca, glicerol e extratos das cascas de *Euphorbia umbellata* (conhecida como Janaúba) foi satisfatório. Isso porque os resultados demonstraram que os filmes apresentam propriedades bioativas e características físico-químicas adequadas.

Quando houve incorporação da fração acetato das cascas da *E. umbellata* aos filmes, houve melhoramento das seguintes características: espessura, solubilidade, densidade, opacidade e índice de brancura. Portanto, eles são uma alternativa interessante para a produção e aplicação em embalagens para alimentos.

Filipini (2019) estudou a elaboração de filmes utilizando colágeno (COL), metilcelulose (MC) e proteínas de soro de leite (PSL), bem como a produção de filmes de metilcelulose ativos e com potencial uso para embalagens inteligentes com adição de extrato de jambolão (*Syzygium cumini)* foi satisfatória. Na produção dos filmes foi utilizado o método *casting*. Verificou-se que a utilização de colágeno, soro de leite e metilcelulose se mostraram aplicáveis na produção de filmes e blendas para uso em embalagens biodegradáveis para alimentos. Dentre os filmes produzidos, os filmes de MC foram os que apresentaram as melhores propriedades, sendo então utilizado para a adição de extrato de jambolão, o que acarretou na melhoria das propriedades mecânicas e de barreira, bem como propiciou funcionalidade aos filmes. Todos os filmes produzidos apresentaram rápida biodegradação em solo e em água do mar, estando estes totalmente degradados em 15 dias no solo e 5 dias na água do mar, demonstrando grande potencial como material para embalagens sustentáveis.

Segundo Menezes Filho, Souza e Castro (2019), a análise das características poliméricas do biofilme produzido a partir do resíduo do fruto de *Citrullus lanatus* (melancia) foi satisfatório. O biopolímero foi produzido a partir de uma suspensão aquosa de farinha do albedo e apresentou importantes resultados nos testes físico-químicos, mecânicos e de atividade antioxidante, importante quantitativo de fenóis totais e boa eficiência nas características estruturais. Logo, este novo biopolímero a partir do resíduo de melancia se revela um grande potencial para aplicação no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, bem como no revestimento de certos alimentos.

Tendo em vista o exposto por Almeida *et al*. (2019) a utilização da casca de mandioca e de batata, que possuem alto teor de amido, para a produção de bioplástico apresentou bons resultados. Na produção, além das cascas, também foram utilizados água, glicerina e ácido acético. Ao final do procedimento, o bioplástico apresentou boa consistência e elasticidade. Foi feita a análise da resistência, que também apresentou resultados satisfatórios. As vantagens da produção desse bioplástico são inúmeras, devido ao seu baixo custo de produção, pois sua matéria-prima é o resíduo que normalmente seria descartado. Além disso, ele não é tóxico e apresenta fácil degradação. Outra vantagem seria tornar o país menos dependente de petróleo.

Kubaski e Ito (2017) estudaram o desenvolvimento de uma embalagem biodegradável com a utilização de resíduos agroindustriais provenientes da indústria da batata e da cerveja por meio do método *foam-mat* (um processo rápido e de baixo custo) foi satisfatória. Os resíduos agroindustriais adicionados foram o *trub* e o bagaço de malte, ricos em proteínas e fibras, respectivamente. Apesar da embalagem apresentar aspecto esfarelado, após a

adição de aditivos como a pectina e o glicerol, foi conferida maior maleabilidade e rigidez, fazendo com que ela não se quebrasse facilmente. A obtenção de uma embalagem constituída por estes componentes oferece um custo menor, baixa toxicidade e um tempo de biodegradabilidade de aproximadamente 14 dias.

De acordo com Dias e Reis (2019), o desenvolvimento de filme a base do biopolímero quitosana, com utilização de resíduos da indústria vinícola, apresentou ótimos resultados, visto que a adição das cascas influenciou significativamente nas propriedades do filme. Segundo as análises realizadas, os filmes de quitosana possuem espessura homogênea, boa característica de solubilidade, baixa resistência a permeabilidade ao vapor d'água e a análise colorimétrica indica que o filme pode apresentar atividade de cor. Por se tratar de um resíduo industrial e um polímero biodegradável, tendo em vista o baixo custo associado à produção do filme, pode-se inferir que existe viabilidade na aplicação de resíduos da indústria vinícola em materiais de embalagem.

Silva (2018) estudou a produção de polímeros biodegradáveis a partir da polpa extraída do pseudocaule da fibra de bananeira apresentou-se promissora e satisfatória. No processo de produção do bioplástico foram utilizadas diferentes proporções de amido de milho e polpa de fibra de bananeira, de suco de limão, glicerina e água destilada. A temperatura máxima que os filmes suportaram foi de 80 ºC, após essa temperatura começaram a queimar. Dos quatro filmes produzidos e avaliados, constatou-se que os melhores resultados foram obtidos nos filmes em que foram adicionadas as maiores quantidades de fibra de bananeira tanto no teste de resistência quanto no teste de biodegradação, o que leva a concluir que quanto maior a quantidade de fibra de bananeira, maior será sua resistência.

Segundo Brito (2019), a obtenção de filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido extraído do caroço de abacate e do bagaço de mandioca apresentou resultados satisfatórios, dependendo da proporção a qual certos materiais são colocados. Inicialmente, foram testadas três diferentes formas de extração: aquosa, alcalina e ácida. A partir disso, foram formadas diferentes formulações de filmes: misturas de amido e fibra, somente fibra e somente amido. Dentre essas, a amostra que continha amido extraído de forma ácida foi a que apresentou melhores resultados entre todas. Logo, o amido extraído do caroço de abacate pode ser aplicável na formação de filmes biodegradáveis, porém, a proporção de fibras adicionadas, seu tamanho e origem botânica devem ser aferidos para que haja uma melhora nas propriedades do material.

Elhussieny *et al.* (2020) estudaram a formação de filmes compostos de quitosana com reforços de palha de arroz e de fibras de palha de nano arroz apresentou ótimos e potenciais resultados. Os filmes foram produzidos por meio de técnicas de mistura úmida e fundição com vários conteúdos de reforço (25-35 % em peso). Os resultados experimentais mostraram que as fibras de palha de arroz e as fibras de palha de nano-arroz melhoraram a resistência ao rendimento, a resistência à fratura e o módulo de Young em comparação

com o material não reforçado e com referência ao material de sacos plásticos egípcios. A temperatura de degradação térmica da quitosana também foi melhorada pela adição de palha de arroz e nano palha de arroz em comparação com compostos de quitosana, que indica que as películas finas compostas podem talvez competir com os polímeros sintéticos termoplásticos atuais fabricados por técnicas de fusão e servir como uma alternativa para plásticos sintéticos.

Conforme Sun *et al.* (2019), a formação de compósitos à base de copolímeros biodegradáveis produzidos a partir de fibra de palha (SF) com isolado de proteína de soja hidrolisada/ureia/formaldeído (HSPI/U/F) à base de copolímero indicou que a resina copolímero foi preparada com sucesso. O material preparado apresentou boa biodegradação, e a introdução do HSPI aumentou a taxa de degradação do compósito, que foi de quase 50 % aos 24 meses. Após 30 dias de compostagem controlada, o acúmulo de liberação de CO_2 do material pode chegar a 24 g.

Alharbi *et al.* (2020) estudaram o desenvolvimento de biopolímeros lignocelulósicos explorando resíduos de biomassa de lignina de palmeiras apresentou ótimos resultados. Os resultados mostraram que os biopolímeros pré-tratados de fibra bruta e alcalina apresentaram resistência à flexão, resistência à água e estabilidade térmica (~ 200 °C) superior às dos biopolímeros à base de folhas. Além disso, biopolímeros lignocelulósicos preparados a partir de partículas menores apresentaram propriedades térmicas e de flexão melhoradas, em comparação com aquelas preparadas a partir de partículas grandes. Por propriedades mecânicas e térmicas, os melhores resultados foram observados para biopolímeros pré-tratados com 1 % de NaOH, exceto para biopolímeros à base de folhas de coco. Os resultados foram correlacionados à composição química e tamanho de partícula da biomassa lignocelulósica moída, permitindo a condensação eficiente da lignina.

Segundo Amorim (2019), o desenvolvimento de filmes plásticos a partir do polibutilieno adipato co-tereftalato (PBAT), um copolímero biodegradável, produzidos por extrusão, apresentou resultados animadores. Foram realizadas análises de biodegradação por perda de massa de três formulações diferentes e em tempos de 35 e 60 dias. Sendo assim, os melhores resultados foram obtidos com cerca de 34 % de massa perdida foram das formulações de PBAT com 20 % de fibras e de PBAT-TPF (20 %), demonstrando ser uma solução plausível ao plástico na indústria.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, conclui-se que, mesmo o plástico já ter contribuído imensamente com o avanço da ciência e das tecnologias, os utensílios de plástico ocasionam diversos danos ao meio ambiente. Visando à sustentabilidade, urge o desenvolvimento de estudos na área de biopolímeros para os biocanudos, objetivando diminuir a dependência mundial em relação ao plástico e a sua consequente substituição

por materiais biodegradáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as bolsas financiadas pelo Programa de Educação Tutorial (PET) do MEC ao nosso grupo PET Engenharia de Alimentos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP) do campus USP Fernando Costa, em Pirassununga/SP.

REFERÊNCIAS

ALHARBI, M. *et al.* **Effects of chemical composition, mild alkaline pretreatment and particle size on mechanical, thermal, and structural properties of binderless lignocellulosic biopolymers prepared by hot-pressing raw microfibrillated *Phoenix dactylifera* and *Cocos nucifera* fibers and leaves.** Elsevier BV: Polymer Testing, v. 84, p. 106384-106396. Muroran (Japão), 2020.

ALMEIDA, A. A. *et al.* **Produção de bioplástico feito a partir de resíduos orgânicos.** Brazilian Journal Of Development, v. 6, nº 3, p. 12471-12478. Uberaba (Brasil), 2020.

AMORIM, J. A. P. **Reaproveitamento de fibra residual da agroindústria da laranja para filmes biodegradáveis de PBAT.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 52 p. Londrina (Brasil), 2019.

BERTOTTO, C. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos contendo o coproduto da extração de própolis comercial e da indústria de suco de maçã.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 126 p. Pato Branco (Brasil), 2019.

BOMFIM. K. A. **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do amido do arroz vermelho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Alimentos) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, 40 p. Pombal (Brasil), 2019.

BRITO, J. H. **Produção e caracterização estrutural, morfológica e térmica de filmes biodegradáveis utilizando amido de caroço de abacate (*Persea americana Mill*) e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 100 p. Ponta Grossa (Brasil), 2019.

COSTA, D. M. A.; OLIVEIRA, R. A. **Queratina de penas de frangos nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 15, nº 1, p. 57-61. Nova Cruz (Brasil), 2020.

DIAS, H. C.; REIS, A. B. **Estudo da viabilidade e desenvolvimento de filmes ativos a partir de resíduos da indústria vinícola.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 5, nº 5, p. 444-451. Diamantina (Brasil), 2019.

ELHUSSIENY, A. *et al.* **Valorisation of shrimp and rice straw waste into food packaging applications.** Elsevier BV: Ain Shams Engineering Journal, p. 106384-106396. Giza (Egito), 2020.

FARIAS, S. S. *et al.* **Biopolímeros: uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável.** Revista Geonorte, v. 7, nº 26, p. 61-77. Manaus (Brasil), 2016.

FERREIRA, D. *et al.* **Embalagens verdes: conceitos, materiais e aplicações.** Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação, v. 1, nº 2, p. 28-39. Paranaguá (Brasil), 2019.

FIALHO, S. **Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de mandioca com hidrolisados de celulose bacteriana**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 26 p. Campo Mourão (Brasil), 2019.

FILIPINI, G. S. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas a partir de polímeros e extrato natural de Jambolão**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, 123 p. Rio Grande (Brasil), 2019.

FLURY, M.; NARAYAN, R. **Biodegradable plastic as an integral part of the solution to plastic waste pollution of the environment.** Elsevier BV: Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry, v. 30, p. 100-490. Estados Unidos, 2021.

GALGANI, F.; PHAM, C. K.; REISSER, J. **Editorial: plastic pollution.** Frontiers In Marine Science, v. 4, p. 307-308. França, 2017.

GILBERT, M. **Chapter 1 - Plastics Materials: Introduction and Historical Development**. Brydson's Plastics Materials, 8ª ed., p. 1-18, 2017.

KRIMSKY, S. **Plastics in Our Diet.** Scientific American, v. 18, nº 4, p. 30-32, Estados Unidos, 2008.

KUBASKI, L.; ITO, P. B. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 45 p. Ponta Grossa, 2017.

LAMB, J. B *et al.* **Plastic waste associated with disease on coral reefs.** American Association for the Advancement of Science, v. 359, nº 6374, p. 460-462. Estados Unidos, 2018.

MAILES NETO, A. **Os canudos plásticos e suas políticas públicas de regulamentação nos países americanos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 101 p. Rio de Janeiro, 2019.

MENEZES FILHO, A. C. P.; SOUZA, J. C. P.; CASTRO, C. F. S. **Avaliação das características poliméricas do biofilme do resíduo de melancia.** Scientia Plena, v. 15, nº 8, p 1-11. Rio Verde (Brasil), 2019.

MIRANDA, D. *et al.* **Plásticos Biodegradáveis**. Monografia (Especialização) – Curso de Administração e Economia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 48 p. São Paulo, 2018.

PFALLER, *et al.* **Odors from marine plastic debris elicit foraging behavior in sea turtles.** Elsevier BV: Current Biology, v. 30, nº 5, p. 213-214. 2020.

PISCO, J. R. **Síntese de Bioplásticos produzidos com polímeros naturais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Química, Química Básica e Inorgânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 10 p. Lisboa (Portugal), 2019.

ROSAS, M. R. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis contendo compostos bioativos das cascas de *Euphorbia umbellata* (PAX) Bruyns (Janaúba).** Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 79 p. Ponta Grossa (Brasil), 2019.

ROY, P. *et al*. **Evolution of drinking straws and their environmental, economic and societal implications.** Elsevier BV: Journal Of Cleaner Production, v. 316, p. 128-234. Ontario (Canadá), 2021.

SILVA, J. G. **Polpa de fibra de bananeira para produção de polímeros de bioplástico**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, 35 p. Taubaté (Brasil), 2018.

SUN, E. *et al*. **Biodegradable copolymer-based composites made from straw fiber for biocomposite flowerpots application**. Elsevier BV: Composites Part B Engineering, v. 165, p. 193-198. Nanjing (China), 2019.

THOMSON, R. *et al.* **Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends.** The Royal Society Publishing, 35 p., 2009.

CAPÍTULO 15

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA COM ALUNOS DA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Data de aceite: 21/09/2021
Data de submissão: 13/09/2021

Heric Maicon Almeida Mota
Instituto de Ciência Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/2970565065067299

Janice Henriques da Silva Amaral
Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/3220505504503017

Elisângela Martins dos Santos
Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/0087570000468449

Iasmin Rabelo Queiroz
Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/0982414263612057

Eduarda Maria Silva de Souza
Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/1517704924263474

RESUMO: As políticas públicas para o favorecimento da Educação de Jovens e Adultos (EJA) iniciaram-se no Brasil a partir dos anos 40. A EJA é uma modalidade de ensino particularmente desafiadora, por atender estudantes com os mais diversos perfis educacionais e níveis de motivação. O estudo do histórico da EJA no Brasil aponta para uma gradativa descentralização da educação, que possibilitou a iniciativa dos educadores da educação popular, trazendo formas de aprendizado diferenciadas, valorizando cada vez mais os conhecimentos prévios dos estudantes e, consequentemente, promovendo uma aprendizagem mais significativa. A Teoria da Aprendizagem Significativa, elaborada por David Ausubel na década de 60, se consolidou como um valioso norteador para intervenções pedagógicas. Em sua teoria, Ausubel destaca a importância de estabelecer conexões entre os novos conhecimentos e aqueles já pré-estabelecidos na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é elaborar uma sequência didática e avaliar o uso de práticas e estratégicas com potencial para promover a aprendizagem significativa no âmbito da EJA. O presente trabalho é uma proposta de sequência didática transversal para o público da EJA. Serão desenvolvidas diferentes atividades, sobre a neurobiologia da memória. A avaliação da utilização das metodologias e ferramentas eleitas no processo de ensino-aprendizagem será feita de forma qualitativa e contínua. Vislumbra-se um maior entendimento dos estudantes sobre a neurobiologia relacionada ao processo de memória, em especial, o sistema nervoso central, e maior compreensão sobre o processo de memorização de longo prazo.

PALAVRAS - CHAVE: Sequência Didática; Aprendizagem Significativa; Mapas Conceituais; Memória.

MEANINGFUL LEARNING: A PEDAGOGICAL PROPOSAL WITH YOUTH AND ADULT EDUCATION STUDENTS

ABSTRACT: Public policies to favor Youth and Adult Education started in Brazil in the 1940s. EJA is a particularly challenging teaching modality, as it serves students with the most diverse educational profiles and levels of motivation. The study of the history of EJA in Brazil points to a gradual decentralization of education, which enabled the initiative of educators in popular education, bringing differentiated forms of learning, increasingly valuing students' prior knowledge and, consequently, promoting more meaningful learning . The Meaningful Learning Theory, developed by David Ausubel in the 60s, has consolidated itself as a valuable guide for pedagogical interventions. In his theory, Ausubel highlights the importance of establishing connections between new knowledge and those already pre-established in the learning subject's cognitive structure. In this sense, the objective of this work is to elaborate a didactic sequence and evaluate the use of practices and strategies with the potential to promote meaningful learning in the context of EJA. The present work is a proposal for a transversal didactic sequence for the EJA public. Different activities will be developed on the neurobiology of memory. The evaluation of the use of methodologies and tools chosen in the teaching-learning process will be carried out in a qualitative and continuous way. A greater understanding of students about the neurobiology related to the memory process, in particular, the central nervous system, and a greater understanding of the long-term memorization process is envisioned.
KEYWORDS: Following teaching; Meaningful Learning; Concept Maps; Memory.

1 | INTRODUÇÃO

Na década de 40, ocorreram medidas efetivas de políticas públicas, atentando em oferecer educação para todas as classes da sociedade, lembrando-se dos historicamente negligenciados. Essa inclinação do Estado efetivou-se em medidas e projetos que transcorreram até a década de 50. Um marco importante neste período foi a formação do Fundo Nacional de Ensino Primário, tendo desdobramento na fundação do Serviço de Educação de Adultos e da Campanha de Educação de Adultos, estabelecidos no ano de 1947 (STEPHANOU, 2005; DI PIERRO, 2007). A Campanha Nacional de Educação de Adultos, idealizada pelo pedagogo brasileiro Lourenço Filho e promovida no governo Dutra, fundamentava a educação de adultos como item essencial para melhorar os índices de educação da nação (BEISIEGEL, 1997; STEPHANOU, 2005).

Em 1952, a Campanha de Educação Rural também teve atuação importante em regiões afastadas (BEISIEGEL, 1997). Essas campanhas viabilizaram a criação e permanência do ensino supletivo, sendo incorporado às bases dos sistemas estaduais de ensino em vários estados do Brasil. Em alguns estados como São Paulo, esta política funcionou até a década de 70, quando foi substituída pelo Movimento Brasileiro de Alfabetização (Mobral) (DI PIERRO, 2007).

O movimento de 1947 gerou uma reflexão pedagógica sobre o analfabetismo e as

consequências psicossociais, contudo, não proporcionou uma metodologia específica para educação de jovens e adultos. Fato que só vem ocorrer na década de 60, com trabalho de Paulo Freire (DI PIERRO, 2007). Freire elabora os programas do Movimento de Educação de Base (MEB), que era parte do Movimento de Cultura Popular do Recife (MCP), ambos iniciados em 1961 nos Centros Populares de Cultura da União Nacional dos Estudantes.

A metodologia que se iniciava priorizava o diálogo como princípio educativo, primando por uma aula propositiva, com protagonismo dos alunos nas atividades educacionais, uma quebra de paradigma na época (DI PIERRO, 2007). Em 1964, o governo João Goulart criou o Programa Nacional de Alfabetização de Adultos, recebendo grande influência de Paulo Freire, mas sua implementação foi interrompida em decorrência do golpe militar. Após ser exilado, Paulo Freire continuou a desenvolver uma metodologia pedagógica para educação de jovens e adultos, utilizando palavras geradoras, que direcionam a reflexão sobre o contexto cotidiano dos educandos, esta aproximação facilitava o aprendizado (STEPHANOU, 2005; DI PIERRO, 2007).

O Mobral, programa do governo militar criado para atingir todo país, priorizou alfabetizar as camadas populares das diferentes regiões. Com alta adesão de municípios brasileiros, esse programa foi importante para o aumento da popularidade do regime militar iniciado em 1964 (DI PIERRO, 2007). Entretanto, no ano de 1985, o Mobral sofria com críticas do meio político e educacional. Combinando com processo de abertura política, que pleiteava mudanças na sociedade, nesse mesmo ano, foi criada a Fundação Educar, que dava apoio pedagógico e financeiro para governos estaduais e municipais, finalizando o Mobral como plano do governo federal de alfabetização (STEPHANOU, 2005).

Por meio da promulgação da constituição de 1988, foi garantido que todas as pessoas tenham acesso à educação, sendo regulamentada e sedimentada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9394/96 (BRASIL, 1988; BRASIL, 1996). A lei determina que o Plano Nacional de Educação seja feito respeitando a Declaração Mundial de Educação para todos. Embasada nesta, foi erguida a Educação de Jovens e Adultos (EJA), um modelo de ensino garantido pelo Conselho Nacional de Educação pela resolução CNB/CEB 1/2000, estabelecendo os pilares do currículo da Educação de Jovens e Adultos. A lei destacou o direito à EJA, tendo o estado o dever de oferecê-la de forma gratuita (STEPHANOU, 2005).

No primeiro ano do governo Lula, em 2003, foi feito o Programa Brasil Alfabetizado, projeto que continha uma proposta inicial de trabalho voluntário, com uma perspectiva de erradicar o analfabetismo em 4 anos, incidindo em 20 milhões de pessoas. Já entre os anos de 2005 a 2011, foi desenvolvido o Programa Nacional de Inclusão de Jovens (PROJOVEM Urbano), voltado para inserção de jovens em situação de vulnerabilidade social e desempregados. Na mesma perspectiva, a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do MEC criou, em 2006, a Educação Profissional na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (Proeja), oferecendo recursos para criação de turmas para conclusão

da escolaridade com uma formação profissional, programa que se propagou pela rede federal de educação tecnológica (CARVALHO, 2011).

Em 2007, durante a gestão de Fernando Haddad à frente do Ministério da Educação (MEC), a EJA começa a integrar os programas de assistência aos estudantes, com livro didático, merenda escolar, transporte escolar e passa receber recurso do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação - FUNDEB (CARVALHO, 2011).

De forma geral, é possível observar, ao longo deste levantamento histórico sobre EJA no Brasil, que a gradativa descentralização da educação possibilitou a iniciativa dos educadores da educação popular, trazendo formas de aprendizado diferenciadas (DI PIERRO, 2007). Valorizando cada vez mais os conhecimentos prévios dos alunos, e, consequentemente, a aplicação de uma aprendizagem significativa - AS (FIORENTINI e LORENZATO, 2009).

A didática baseada na teoria da AS apareceu na educação como uma nova maneira de ensinar. No início dos anos 60, David Ausubel propôs que a aprendizagem significativa ocorre a partir da interação entre o novo conhecimento e o conhecimento preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Esse autor também defende a consolidação da informação por meio da tradução da aprendizagem em significado de cognição e/ou psicológico para o aluno (MOREIRA *et al.*, 2001; AUSUBEL, 2003).

No pensamento do ensino significativo, o objeto de estudo é apresentado em um material instrucional potencialmente significativo, que possibilita a interação com os conhecimentos prévios do aprendiz e a ressignificação da nova informação (AUSUBEL, 2003; MASINI; MOREIRA, 2009).

Este movimento dos anos 80 culminou com uma predominância teórica da AS, promovendo uma modificação nas instituições e em seus docentes, promovendo uma nova perspectiva do desenvolvimento laboral na educação. Tal momento possibilitou também a promoção e readequação pedagógica nas instituições educacionais, priorizando a qualidade em detrimento da quantidade, estimulando atividades em grupo, revendo a meritocracia pura sem o retorno com as contribuições pedagógicas. Nesta nova visão, o aluno assume papel central na construção do conhecimento, e o professor auxilia e estimula o aluno no processo de aprendizado. O aprender se faz por meio da interlocução de novos conceitos e um arcabouço cognitivo, gerando dados significativos absorvidos com leveza, sem pressão do conteúdo completo, ou da figura arbitrária do professor (MOREIRA *et al.*, 2001).

Após o desenvolvimento inicial da AS por David Ausubel, na década de 1960, este teve contribuição Joseph Novak na década de 1980, dando continuidade e aprofundando alguns pontos da teoria Ausubeliana. Novak propaga a AS, como uma nova maneira absorver o conhecimento, este novo paradigma foi importante para uma nova maneira de ver as coisas ao redor, a relação interpessoal, tornando se uma teoria importante atualmente (MASINI; MOREIRA, 2009).

Joseph Novak e Gowin elaboram a construção do chamamos de Mapa Conceitual (MC), no ano de 1984. Por meio desta ferramenta foi possível aperfeiçoar outras possibilidades de linguagem significativa, tendo como base os conhecimentos prévios dos alunos, juntamente com os significados que são relacionados entre os diferentes conceitos (NOVAK, 2010; NOVAK *et al.*, 1984).

Os MCs são representações gráficas que, por meio da relação entre os conceitos e utilizando palavras de ligação, produzem proposições que tenha um sentido lógico. Os MC atribuem uma estrutura que contempla desde conceitos específicos até os mais genéricos (MOREIRA et al., 2001).

No seu processo de construção, os MCs são individuais, mas é importante explicar que é necessário que sejam explicados por quem os faz, tanto para o docente quanto para os para colegas de classe. Uma forma de aperfeiçoar as explicações de um conceito é deixar observações nas linhas, escrever entre as linhas que unem os conceitos uma ou duas palavras que segundo Cordeiro (2010), priorizar o desenvolvimento de atividades de AS, como a metodologia de MC, contribui para a melhoria da aprendizagem, estimulando a memória de longo prazo dos alunos, colaborando para autoestima e diminuindo a evasão escolar (CORDEIRO, 2010).

Na perspectiva da EJA, no Brasil e no mundo, temos como referência o educador Paulo Freire, em que muito se aproxima com a abordagem da AS. A base freiriana é a pedagogia crítica, tendo como premissa dessa teoria pedagógica que uma formação crítica deve conduzir ao desenvolvimento dos indivíduos estando aptos a refletir sobre sua realidade social, histórica e cultura, desenvolvendo um arcabouço de transformações palpáveis (FREIRE, 2003; GOMES; NATÁRIO, 2017).

Dialogando com Paulo Freire, entre outros que defendem a formação crítica do estudante dentro da sociedade, Moreira (2005) desenvolveu a Aprendizagem Significativa Crítica (ou subversiva):

> (..) Aprendizagem Significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo (MOREIRA, 2005, p7).
>
> (...) É através da Aprendizagem Significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente (MOREIRA, 2005, p7).

Esse trecho do texto contextualiza de forma robusta a percepção da pedagogia crítica defendida e aperfeiçoada por Paulo Freire, na fundamentação da Aprendizagem Significativa Crítica (LÓPEZ, 2019; SANTANA, 2013).

Quando lidamos com EJA, é importante diminuir planos de aulas, centrados em esgotar conteúdos do livro didático fornecido pelo PNDE, carregadas de termos e conceitos técnicos, dentro do conteúdo de biologia. Observamos conceitos introjetados mecanicamente para realização de provas, exames, sem a oportunidade dialógica de acordar em um subsunçor de conhecimentos prévios. Portanto, é importante aos alunos aprenderem o conteúdo técnico-teórico de forma consolidada, contextualizada, valorizando seus conhecimentos prévios. (DE MORAES, 2017; SANTANA, 2013). Observe o trecho abaixo:

> Não basta saber ler mecanicamente 'Eva viu a uva'. É necessário compreender qual a posição que Eva ocupa no seu contexto social, quem trabalha para produzir uvas e quem lucra com esse trabalho (FREIRE, 1978, p70).

Segundo Brügger (1999), o adestramento educacional consiste em uma perspectiva onde não se dialoga, se promove a repetição, competição e principalmente a punição dos que não se enquadram neste modelo da meritocracia pura e simples. Segundo Foucault (2014), na microfísica do poder, somos doutrinados a sermos corpos sem a criticidade no ambiente escolar, obedecendo e calando sempre, para o superior, dispondo toda atmosfera escolar, um aperitivo de uma prisão, sendo assim este aprendiz, egresso da escola será um cidadão passivo, pacato acrítico descontextualizado com a realidade, gerando desconformidade com a LDB/1996. As consequências por não termos uma formação crítica, com uma abordagem do letramento científico, culminam em movimentos negacionistas, como antivacina ou pessoas contrárias ao uso de máscaras durante a pandemia de COVID-19 (NEVES, 2020; FERRARI, 2021). Nesse sentido, é necessário priorizar abordagens que promovem o debate de ideias, entendendo o erro como uma forma pedagógica de aprendizagem, não como uma punição, descentralizando a figura docente, dando protagonismo ao estudante (FREIRE, 2003; SANTOS, 2007; NETO, 2020). Essa forma de trabalhar dialogicamente são arcabouços teóricos que encontramos em diversas abordagens do ensino de Ciências e Biologia, seja investigativo, de Aprendizagem Significativa crítica ou na pedagogia da libertação.

Durante a aprendizagem de biologia, devemos buscar não somente memorizar, nomes de doenças, parasitas e medidas profiláticas, é saber contextualizar, confrontar supondo hipóteses, que devem ser discutidas à luz da ciência, confrontadas, refutadas, aceitas, sem solução. A educação bancária ou mecânica, não educa na plenitude promove o adestramento educacional (BRÜGGER, 1999).

Por outro lado, no cotidiano docente, nos deparamos com conteúdos extensos na disciplina de biologia, que, ao serem trabalhados, evidenciam dificuldades e defasagens de aprendizagem dos estudantes em suas trajetórias escolares, entretanto, temos uma

política de Estado que privilegia o conteúdo em detrimento da aprendizagem, é difícil para o docente implementar pedagogias ativas que favoreçam a aprendizagem, situação frente a cobrança de governantes, da direção escolar, dos próprios alunos que querem se preparar e prestar exames pré-universitários (DOS SANTOS *et al.*, 2020; MORAES, 2017). Por outro lado, inovar com metodologias dinâmicas é uma forma de promover o interesse do aluno na atividade, favorecendo a aprendizagem de forma efetiva. Sendo essas intervenções de Aprendizagem Significativa Crítica essenciais para trabalhar temas relevantes como educação sexual, uso de drogas, soberania alimentar, violência de gênero, dentre outros (SILVA, 2020; KREUZ e ANDRADE, 2020).

Além disso, o aprimoramento das abordagens pedagógicas para a formação de uma população de jovens e adultos críticos contribui indiretamente na melhora dos índices sociais, de saúde e econômicos, pois a população consciente busca a transformação para uma sociedade melhor (DA SILVA; GOMES; NATÁRIO, 2017; DA SILVA, 2017).

Os docentes da EJA observam que seus alunos possuem algumas dificuldades no processo ensino e aprendizagem. Acredita-se que tais dificuldades podem ser justificadas pela idade mais avançada. É conhecido que na fase senil o metabolismo fisiológico diminui e algumas doenças associadas ao envelhecimento surgem com maior frequência (DORNELES *et al*, 2012; BRAGA, 2014; BORGES *et al.*, 2015). Contudo, como já exposto, é importante uma mudança pedagógica, explorando as perspectivas positivas relacionadas a maturidade e experiências de vida, bem como seus conhecimentos prévios, facilitando uma AS (BRAGA, 2014; GOMES *et al.*, 2014).

Outro aspecto importante, refere-se ao processo de evasão escolar na EJA. A EJA apresenta um número expressivo de alunos que se matriculam e não concluem o período letivo. Desta maneira, o professor tem papel importante para motivar estes alunos a permanecerem na trajetória discente (GADOTTI, 2003; BRASIL, 2006).

É fundamental entender que os discentes da EJA são oriundos dos mais diversos setores da sociedade. Sendo importante entender e compreender as expectativas e inseguranças, para contornar possíveis desistências dos alunos (GADOTTI, 2003; BRASIL, 2006; BORGES *et al.*, 2015).

Os alunos da EJA têm como uma das principais características uma baixa autoestima, muitas vezes herança de um fracasso escolar, sentimento que gera insegurança no seu retorno a vida educacional. Os estudantes que geralmente já estão afastados deste ambiente a algum tempo, quando retornam trazem, os traumas e desconfianças, sentimentos que estão relacionados consigo e com os educadores. Por isso estes alunos se caracterizam por terem um comportamento comedido e um temor constante com a reprovação (BRASIL, 2006; BORGES *et al.*, 2015).

Neste contexto, um fator preponderante na permanência discente na EJA é a metodologia usada pelos professores, (GADOTTI, 2003), por isso a escola deve sempre buscar práticas docentes, que priorize aulas críticas e reflexivas, por meio de

aulas propositivas, que de liberdade e valorize os conhecimentos prévios do estudante, promovendo resultados positivos na comunidade escolar. Sendo assim o aluno melhora sua autoestima, sedimentando a gana de estudar e não desistir (GOMES *et al.*, 2014).

Diante das especificidades do público-alvo da EJA e as potencialidades da AS, propõe-se a uma sequência didática transversal acerca de uma temática pertinente para trabalhar os desafios apresentados.

2 | DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de uma proposta de sequência didática transversal para o público da EJA, com a temática "Memória e Saúde do Cérebro", apoiada nos conceitos de AS, termos geradores e considerando as especificidades do público-alvo da EJA.

A sequência foi proposta como produto de uma pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional de Ensino em Biologia (PROFBIO). Nesse sentido, buscou-se atender alguns estágios citados pelos autores Fiorentini e Lorenzato (2009) para investigações no âmbito da docência, procurando um tema originado do cotidiano do educador, com um embasamento teórico que justifique, uma revisão de bibliográfica, a pergunta geradora, uma referência metodológica, uma prática pedagógica e, subsequentemente o tratamento e análise dos dados, com as conclusões do pesquisador-professor. Buscando por meio destes estágios a formação de um produto didático-pedagógico.

2.1 Sequência didática

Fundamentada nos norteadores teóricos, metodológicos e dados das etapas apresentados anteriormente, a sequência didática a é composta por duas aulas que foram descritas a seguir. Ademais, buscou-se apresentar alternativas para implementação da sequência didática de forma presencial, híbrida e a distância.

2.1.1 Aula 01 - atividade com aspectos investigativos

A aula 01 é composta de 04 atividades, a serem desenvolvidas com o auxílio de um ambiente virtual gratuito, o Google Sala de Aula.

2.1.1.a Atividade 1 - Levantamento de conhecimentos prévios

Considerando a importância dos conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz para a oportunização da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2000), o primeiro momento tem o objetivo de fazer o levantamento dos conhecimentos prévios sobre: a memória, funcionamento do cérebro, saúde neurológica.

Além disso, a atividade busca estimular os estudantes a levantar informações sobre fatores que favorecem a memória, quais fatores desfavoráveis como: idade e doenças da

memória; qual a importância da memória no cotidiano. Ainda que a atividade funcione como diagnóstico de conhecimentos prévios, a própria troca de informações e compartilhamento dos diversos conhecimentos prévios extraídos do conjunto de estudantes gera aprendizado (CALLEJO, 2001).

Na impossibilidade de implementar a atividade de forma virtual, o professor deverá dispor a turma em círculo, levar objetos para que correlacionem seus efeitos com a memória. No viés de Aprendizagem Significativa, trabalharemos como questões geradoras objetos que serão: réplica do cérebro, toga (chapéu de formatura) e diploma, revista de jogo da memória, quebra cabeça, alimentos saudáveis, alimentos não saudáveis, travesseiro e despertador, folha de ponto do trabalho, bebidas alcoólicas (cachaça), cigarro, garrafa de água mineral, bengala, fralda. Esses objetos trazem significados inerentes, por exemplo: um diploma remete a aprendizagem, a bengala remete ao envelhecimento, o travesseiro e o despertador remetem ao sono, folha de ponto ao trabalho e seu estresse, as bebidas e drogas ao desgaste da saúde neurobiológica.

Já no AVA, a atividade pode ser disponibilizada como uma atividade que permite o registro dos comentários dos estudantes. Nesse caso, representações gráficas dos objetos seriam utilizadas.

Após observarem estes objetos é lançada a pergunta: "qual a relação destes objetos com o cérebro?" Em seguida, permitir que estes estudantes respondam, de forma organizada para evitar conversas paralelas e que se perca opiniões na discussão, com seus conhecimentos prévios, por meio desta tempestade de ideias são retirados conceitos que a maioria responde ou concorda anotados no quadro.

Não haverá, para as perguntas, respostas corretas ou erradas, mas o professor dará o direcionamento da discussão do tema para assuntos no tocante a memória saudável (BATISTA, 2010).

Após esta tempestade de ideias, mediada pelo professor, interferindo de forma pontual, promovendo novos questionamentos críticos, organizando as discussões para que todos exponham suas ideias. Sendo que, a importância desse momento é apresentada no trabalho de Callejo (2001).

2.1.1.b Atividade 2: Criação de hipóteses

Na atividade seguinte, baseada nas etapas do ciclo investigativo de Pedaste e colaboradores (2015), essas fases são: orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão. Propõe-se que a turma seja dividida em grupos de 5 pessoas, conforme orientações de Cohen e Lotan (2017), fragmentando as discussões, autogeridas em cada grupo, deixamos em cada grupo uma folha para formulação de hipóteses sobre hábitos que favorecem a memória, que evitam a demência. Nesse momento, serão deixados 3 objetos, em cada grupo para fazerem uma correlação entre eles e o cérebro.

É importante salientar que também é viável realizar essa atividade no AVA. Por meio de separação dos grupos, inserindo os objetos de forma virtual por imagens ou vídeos para cada grupo fazer a correlação e criar as 3 hipóteses. Os grupos podem desenvolver as hipóteses no meio virtual por meio do *google docs*. As discussões podem ser conduzidas via chat ou videochamada por meio do *google meet*.

2.1.1.c Atividade 3: confrontando as hipóteses

Adiante, após a atividade de elaboração de hipóteses propõe-se a apresentação do vídeo "Como Cuidar melhor da memória." juntamente com material escrito de apoio sobre o tema saúde do cérebro. Mais uma vez, considerando os princípios de inclusão pedagógica e digital, essa atividade poderá ser realizada na sala de aula, com a projeção do vídeo, ou no AVA.

Em seguida, será solicitado para os grupos, que façam uma confrontação das hipóteses com os conteúdos fornecidos, falarem se foram confirmadas, parcialmente confirmadas, ou refutadas, e o porquê? Este momento é importante para que o aluno construa de forma autônoma a ressignificação das suas ideias pregressas, com as informações fornecidas no vídeo.

O objetivo é promover o protagonismo do estudante. Aqui, o papel do professor é propor questionamentos, mediar o debate e direcionar a atividade e as discussões, conforme contribuições de Sá (2007).

2.1.1.d Atividade 4: apresentação de hipóteses

Para oportunizar a aprendizagem dos conhecimentos construídos pelos estudantes, cada grupo será orientado a expor como foi a confrontação das hipóteses, relatando se estão confirmadas ou refutadas, dando suas explicações, sendo as mesmas complementadas pelo professor para fechamento e consolidação dos conceitos. (AZEVEDO, 2004).

2.1.2 Aula 2: elaboração de mapas conceituais

2.1.2.a Atividade 1: mapas conceituais

A primeira atividade da segunda aula consiste na apresentação da ferramenta MC.

No contexto da sala de aula, o professor deve orientar para que a turma trabalhe no formato de semicírculo, para favorecer discussões, escrevendo o tema no quadro: "Mapas Conceituais". Em seguida, o docente deve iniciar uma discussão sobre o que são mapas conceituais. Nesse momento, os conhecimentos e concepções prévias dos estudantes devem ser observados. Então, os conceitos devem ser anotados no quadro. Adiante, o professor deverá propor segunda pergunta: Por que os mapas conceituais favorecem a aprendizagem? Nesse momento, deve ser incentivado o uso do celular pelos discentes

para consulta sobre o tema ou buscar informações na biblioteca da escola. Os conceitos, novamente, deverão ser anotados. Os estudantes serão orientados que voltem a formação de grupo, formulem um MC, com os conceitos anotados no quadro em uma folha A4 Branca.

No AVA, a atividade pode ser conduzida por meio da criação de um tópico e o uso de um aplicativo de videochamada gratuito. Essa atividade possui o intuito de promover uma reflexão sobre os MCs.

2.1.2.b Atividade 2: materiais de apoio

Após o primeiro mapa conceitual confeccionado, deverá ser apresentado um vídeo e texto de apoio sobre a elaboração do mapa conceitual, de fontes confiáveis, com embasamento científico.

2.1.2.c Atividade 3: refazendo o MC

Nessa atividade, os grupos terão oportunidade de refazer os MCs feitos anteriormente, e fazer anotações dos motivos das correções. Em seguida, os MC serão entregues ao professor. Então, é debatido sobre como pesquisar informações na internet e a importância de informações seguras baseadas em dados científicos. Logo após, deverá ser realizada a construção do MC no quadro, em conjunto com os estudantes, utilizando os conceitos existentes anotados no quadro e aumentando a aprendizagem sobre o tema. Adiante, propõe-se passar a atividade para cada grupo elaborar um mapa conceitual, sobre o tema: “Memória e Saúde do Cérebro”.

3 | RESULTADOS ESPERADOS

Vislumbra-se um maior entendimento dos estudantes sobre neurobiologia relacionada ao processo de memória, em especial o sistema nervoso central e maior compreensão sobre o processo de memorização de longo prazo. Acredita-se que, a autonomia dos estudantes quanto ao processo de ensino-aprendizagem pode ser melhorada por meio da elaboração de MC.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O presente trabalho visou contribuir para reflexão sobre as especificidades do processo de ensino e aprendizagem no âmbito da EJA. Além disso, buscou-se produzir uma sequência didática referenciada na Aprendizagem Significativa. Espera-se que a pesquisa bibliográfica apresentada forneça subsídios para outros estudos voltados para a inovação do processo de ensino e aprendizagem da EJA. Ainda, espera-se que a sequência didática possa ser apropriada por docentes, incentivando a adoção da perspectiva da Aprendizagem Significativa.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. et al. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 3, p. 19-33, 2004.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

BEISIEGEL, Celso de Rui. **Considerações sobre a política da União para a educação de jovens e adultos analfabetos.** Revista Brasileira de Educação, São Paulo, Jan./Abr. 1997, nº 4, p. 26-34.

BORGES, M. *et al.*. **Formação de professores: um diálogo a luz da Andragogia e da neurociência do aprendizado.** Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación, n. 06, p. 224-228, 10 nov. 2015.

BRAGA, A. C. ; MERCADANTE, J. . **Atenção e a memória na educação de jovens e adultos** (EJA). In: I ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN - Espacios de investigación y divulgación, 2014, Tandil - Argentina. I Encuentro Internacional de Educación: espacios de investigación y divulgación, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Censo Escolar da Educação Básica – 2006.** Brasília, DF: MEC/Inep, 2006. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/basica/ levantamentos/microdados.asp.>. Acesso em: 21 dez. 2019.

BRÜGGER, Paula. **Educação ou adestramento ambiental?**. Florianópolis: Letras contemporâneas, 1999.

CALLEJO, Javier. **El grupo de discusión: introducción a una práctica de investigación.** Barcelona: Ariel, 2001.

CORDEIRO, A. R. ; *et al.*. **Concepções de respiração e fotossíntese de alunos da EJA a partir da análise de mapas conceituais tendo como referencial a teoria vygotskiana.** In: IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, 2010, Aracaju. Anais do IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. Aracaju: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2010. v. IV. p. 1-14.

CARVALHO. Marcelo P. **As políticas para a educação de jovens e adultos nos governos Lula (2003-2010): incongruências do financiamento insuficiente**. Tese de Doutorado em Educação. Universidade de São Paulo. SP, 2011.

CARNEIRO, V.C. **Contribuições para a Formação do Professor de Matemática Pesquisador nos Mestrados Profissionalizantes na Área de Ensino**. Bolema, Rio Claro (SP), Ano 21, nº 29, p. 192-228, 2008.

CUPOLILLO, Amparo Villa. **Avaliação da aprendizagem escolar e o pensamento de Paulo Freire: algumas aproximações.** Práxis Educativa (Brasil), v. 2, n. 1, p. 51-64, 2007.

DALL'AGNOL C. M; e TRENCH, M H. **Grupos focais como estratégia metodológica em pesquisa na Enfermagem. Revista Gaúcha de Enfermagem**. Porto Alegre, v.20, n.1, p.5-25, jan. 1999.

DA SILVA GOMES, Elines Silva Saraiva; NATÁRIO, Elisete Gomes. **O CARÁTER REFLEXIVO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.** In: Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre. 2020. ISSN 2317-0220

DE MORAES, Monique Agnes Rodrigues. **PRÉ-VESTIBULAR COMUNITÁRIO SÃO JOSÉ E CURRÍCULO: UM ESTUDO SOBRE A RESSIGNIFICAÇÃO DO ENEM FRENTE A UMA PROPOSTA ALTERNATIVA DE EDUCAÇÃO**. In: Anais do IV Congresso Nacional de Educação, 2017. ISSN: 2358-8829

DE QUEIROZ, Ana Patrícia Cavalcante; MACIEL, Francisco Adriano Saraiva. **Avaliação formativa: instrumento de formação continua do professor em serviço.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 29784-29794, 2020.

DI PIERRO, Maria Clara; *et al*. **Visões da Educação de Jovens e Adultos no Brasil.** Cadernos Cedes, ano XXI, nº 55, 2001, p. 58-77.

DOS SANTOS, Ana Laura Calazans et al. **Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na paraíba.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 21959-21973, 2020.

DORNELES, Caroline Lacerda; *et al*. **A educação de jovens e adultos na perspectiva das neurociências**. Rev. psicopedag., São Paulo , v. 29, n. 89, p. 244-255, 2012 .

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos.** 3ª edição. Campinas: Autores Associados, 2009.

FERNANDES, D. **Para uma teoria da avaliação formativa.** In: Revista portuguesa de Educação. 19(02), pp. 21-50. Ano, 2006

FREIRE, Paulo (2003). **Pedagogia da autonomia.** 27ª ed. São Paulo: Paz e Terra. 148p.

FREIRE, Paulo. **A alfabetização de adultos: é ela um quefazer neutro?**. 1978.

FERRARI, Carlos Kusano Bucalen. Q**UESTÃO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIA: SERIA O "LOCKDOWN" A CLOROQUINA DA ESQUERDA BRASILEIRA?**. Boletim de Conjuntura (BOCA), v. 6, n. 17, p. 49-57, 2021. Disponível em: < http://doi.org/10.5281/zenodo.4759171 > . Acesso em: 7 jul. 2021.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir.** Leya, 2014.

GOMES, André Taschetto; GARCIA, Isabel Krey. **Aprendizagem significativa na EJA: uma análise da evolução conceitual a partir de uma intervenção didática com a temática energia.** Investigações em Ensino de Ciências, v.19(2), p. 289-321, 2014. Disponível em: . Acesso em: 31 jan. 2018.

GADOTTI, Moacir. **Educação de Jovens e Adultos: um Cenário Possível para o Brasil**, 2003. Disponível: <http:www.paulofreire.org/moacir_gaddotti/artigo/portugues/educação_popular_e_eja/ejaumcenario_possivel2003.pdf. > Acesso em 08/02/2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, MJ. **The antropologist as alcohologist: qualitatitive perspectives and methods in alcohol research.** Int J Addict, v.25, n.2A, p.127-48, 1990-91.

KREUZ, Kelly K.; DE ANDRADE, Fabiane. L. **COMPREENSÃO CONTEUDISTA-INGÊNUA ACERCA DE CURRÍCULO ESCOLAR: UMA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DOS DISCURSOS DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS.** XXI Encontro Nacional de Educação (ENACED) e I Seminário Internacional de Estudos e Pesquisas em Educação (SIEPEC), n. 1, 2020. Disponível em: < https://cutt.ly/ImQu4Nc > . Acesso em: 7 jul. 2021.

LDB - **Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. LEI Nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. D.O. U. de 23 de dezembro de 1996.

LÓPEZ, María Mercedes López. **La pedagogía crítica como propuesta innovadora para el aprendizaje significativo en la educación básica**. ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, v. 4, n. 1, p. 87-98, 2019.

LÜDKE, M. A **complexa relação entre o professor e a pesquisa.** In: ANDRÉ, M. (Org.). O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores. Campinas: Papirus, 2001, p. 12- 49.

LUDWING, A. C. W. **Fundamentos e prática de metodologia científica**. 2ª edição. Petrópolis: Vozes, 2012.

Masini, E.A.F. e Moreira, M. A.. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora PsicoPedagógica, 2009

MENDES, Regina; VAZ, Arnaldo. **Educação ambiental no ensino formal: narrativas de professores sobre suas experiências e perspectivas.** Educação em Revista, v. 25, p. 395-411, 2009.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

NEVES, André Luiz Machado das; FERREIRA, Breno de Oliveira. **Narrativas entre ciência e política no ativismo da cloroquina.** Psicologia & Sociedade, v. 32, 2020.

NEVES, Eduardo B. Escrevendo a metodologia do estudo. In: NEVES, Eduardo B &

DOMINGUES, Clayton Amaral (Org.). **Manual de metodologia da pesquisa científica.** Rio de janeiro: CEP, 2007. 204p.

NETO, Mercedes et al. **Fake news no cenário da pandemia de Covid-19.** Cogitare enfermagem, v. 25, 2020.

NOVAK, Joseph D. **Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations.** Routledge, 2010.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob; BOB, Gowin D. **Learning how to learn**. cambridge University press, 1984.

SÁ, E. F. de, *et al*. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas., 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p820.pdf > Acesso em: 01 set 2018.

SANTANA, Marcelo da Fonsêca. **Aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire: regularidades e dispersões.** 2013. 83 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SILVA, Nicole de Castro. **Articulações entre ensino e pesquisa em ciências da natureza na formação docente para a prática pedagógica crítica: o olhar dos licenciandos.** UNESP 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/165181>. Acesso em: 06 jul. 2021.

STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena (orgs). **Histórias e Memórias da Educação no Brasil.** Vol. III. Petrópolis: Vozes, 2005.

TAVARES, Romero. **Construindo mapas conceituais**. Ciências & cognição, v. 12, 2007.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1985.

CAPÍTULO 16

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE FORMIGAS COM ELABORAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS

Data de aceite: 21/09/2021

Francielle da Silva Mateus Costa
Mestre em Ensino de Biologia
Professora na SEDUC- MT
Diamantino - MT
http://lattes.cnpq.br/1911353431033241

Angela Maria Muniz Gonçalves
Mestre em Ensino de Biologia
Professora na SEDUC - MT
Glória D'Oeste - MT
http://lattes.cnpq.br/6149587041155109

Ilio Fealho de Carvalho
Dr. em Biotecnologia
Professor Adjunto da UNEMAT - MT
Tangará da Serra - MT
http://lattes.cnpq.br/1387428884350456

RESUMO: A formação dos estudantes deve contribuir para que estes sejam cidadãos responsáveis pelos seus atos, que tenham opiniões críticas, exigentes e que possam promover o bem-estar da sociedade. A educação ambiental é uma área do ensino que possibilita atingir esses objetivos ao indagar sobre esta área das interações entre os seres vivos e o seu meio. Assim, a sequência didática teve como proposta de trabalho uma atividade investigativa para promover a construção do conhecimento científico através da introdução de conceitos relacionados à preservação ambiental, tendo como foco o estudo da diversidade de formigas que habitam o pátio da escola e a elaboração de modelos didáticos. A proposta foi realizada em duas escolas de Mato Grosso com alunos do 3º ano do Ensino Médio regular e do 1º ano da Educação de Jovens e Adultos (EJA), em quatro etapas totalizando 10 horas/aulas. A atividade foi dividida em várias etapas, a saber: problematização, levantamento de hipóteses, visita a campo para observação e coleta do material de estudo, análises e pesquisas bibliográficas, organização das descobertas através de debates, produção de textos, confecção de modelos didáticos das formigas amostradas, montagem de murais e socialização para a comunidade escolar. Através do estudo sobre as formigas foi observado o protagonismo dos estudantes para construção dos saberes científicos relacionados à Educação Ambiental que, até então, era vista pelos discentes mais como "pragas" no ambiente.

PALAVRAS - CHAVE: Educação Ambiental, Proposta Investigativa, Formigas.

ENVIROMENTAL EDUCATION: A PROPOSAL OF INVESTIGATIVE ACTIVITIES ABOUT ANTS WITH ELABORATION OF DIDATIC MODELS

ABSTRACT: The formation of students should contribute to these citizens to be responsible for their acts, so that they have critic and demanding opinions, and that they can promote the well-being of the society. The environmental education is an area of teaching that enables to achieve these goals when inquiring about this area of interaction between the living beings and their environment. Therefore, the didactic sequence had as work proposal an investigative activity to

promote the construction of scientific knowledge through the introduction of concepts related to de environmental preservation, having as it focus the study of ants diversities that live in the school yard and the elaboration of didactic models. The proposal was made in two schools in Mato Grosso with students from the third year of the regular High School and from de first year of Young and Adult Education (YAE), in four phases totalizing 10 hours/classes. The activity was divided in several phases, like problematization, hypothesis raising, field visits for observation and data collect of the study material, analysis and bibliographic searches, organization of the discoveries through the debates, text productions, confection of didactic models of the sampled ants, mounting the murals and socialization of the school community. Through the studies about the ants was observed the protagonism of the students to the construction of scientific knowledge related to the Environmental Education, that, until then, were seen, by the teachers, more like "pests" in the environment.
KEYWORDS: Environmental Education, Investigative Proposal, Ants.

1 | INTRODUÇÃO

Se o professor tem a finalidade de auxiliar os seus alunos a serem mais autônomos, criativos, organizados, adaptáveis a novas situações e a trabalharem de maneira eficaz, deve propor diversas atividades que sejam significativas, como a resolução de problemas (GUIMARÃES, 2009). Os problemas são situações que envolvem dificuldades que não há uma resposta previamente conhecida, nos quais os estudantes devem buscar soluções para as questões propostas, estimulando, assim, a autonomia durante o processo ensino-aprendizagem (MALHEIRO; TEXEIRA 2011).

Segundo Sasseron (2015), a alfabetização científica se constrói à medida que os estudantes passam a ter capacidade para análises e avaliações de situações que permitam chegar a determinadas conclusões. A elaboração e execução de atividades que, necessariamente, estão ligadas a uma investigação-ação deve ser um ato de transformação que ao final se torna uma produção (PORTO; PORTO, 2012).

Conforme Zompero e Laburú (2016), o ensino por investigação apresenta diversas finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas, realização de procedimentos, anotação, análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação, presente em todas as etapas do trabalho e, principalmente, no momento de socializar para o outro. Dessa forma, o trabalho, com questões problematizadoras, estimula os alunos a desenvolverem atitudes científicas.

Nesse sentido, a Educação Ambiental (EA) é um instrumento importante na aquisição de conceitos científicos. O estudo dos conceitos ecológicos é fundamental para compreensão da dinâmica dos ecossistemas e, portanto, entender de fato a necessidade e importância da preservação (FARIA *et al.*, 2012). Para Candiani *et al.* (2004), a EA tem o objetivo de proporcionar aos indivíduos a compreensão da natureza complexa do Meio Ambiente, ou seja, levá-los à percepção das interações entre os aspectos socioculturais e

políticos, físicos e econômicos que compõem a relação homem/meio.

As formigas são grupos de insetos presentes em praticamente todos os ambientes terrestres. Por essa razão, associam as formigas somente a aspectos negativos, como vetores de doenças, prejuízos econômicos, sendo a EA uma ferramenta educacional para desmistificar e/ou acrescentar saberes relacionados à ecologia e suas interações e buscar, através do conhecimento, compreender sobre as diferentes formas de vida e buscar o equilíbrio.

Com base nesses preceitos, a sequência didática teve como proposta uma atividade investigativa para promover a construção do conhecimento científico através da introdução de conceito preservação ambiental, tendo como foco de estudo a diversidade de formigas presentes no pátio da escola e elaboração de modelos didáticos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 As escolas

A sequência didática, com vistas para investigação científica, foi realizada em quatro etapas, totalizando 10 horas/aulas para as turmas do 3º ano do Ensino Médio regular e do 1º ano da Educação de Jovens e Adultos (EJA), com aproximadamente 30 alunos, oriundos de duas escolas da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso, nos municípios de Diamantino e Glória D'Oeste no ano de 2019.

2.2 Primeiro Momento

Foram apresentadas aos estudantes as seguintes questões problematizadoras: 1 - "No pátio da escola existem formigas?"; 2 - "Quais as espécies presentes?"; 3 - "As formigas apresentam alguma importância para o meio ambiente?". As hipóteses foram discutidas e anotadas em cadernos. Logo após, os estudantes formaram grupos e seguiram até o pátio da escola para fotografar e coletar amostras de formigas com armadilhas de sardinha em óleo comestível em diferentes pontos (Figura 1), pois segundo Cordeiro *et al*. (2010), esse tipo de isca é a mais eficiente na coleta desses insetos. As sardinhas foram amassadas em pequenas porções e colocadas em guardanapos de papel. As iscas foram distribuídas em diferentes pontos no pátio da escola e, depois de 30 minutos, foram recolhidas e armazenadas em saquinhos plásticos. As formigas coletadas foram observadas através de lupas e fixadas em recipientes contendo álcool 70% para posteriormente realizar a identificação.

Figura 1 – Atividade de coleta das formigas no pátio das respectivas escolas.

2.3 Segundo Momento

Através da revisão bibliográfica em diferentes fontes (Figura 2), após discussões sobre o tema, os estudantes buscaram respostas para as perguntas problematizadoras. Também foi apresentado o documentário “Formigas: o poder secreto da natureza”, que discorre sobre como vivem esses insetos e sua importância ecológica para o meio ambiente. Nesta etapa, foi possível realizar a identificação das formigas coletadas ao nível de gênero, utilizando a chave de Baccaro *et al.* (2015).

Figura 2: Momentos de pesquisa e identificação das subfamílias e gêneros amostrados.

2.4 Terceiro Momento

Foram confeccionados pelos alunos modelos didáticos de biscuit dos espécimes coletados no pátio da escola e montagem de painéis com as informações sobre o tema (Figura 3).

Figura 3: Confecção de modelos didáticos e montagem de painel para socialização.

2.5 Quarto Momento

Etapa da socialização dos trabalhos desenvolvidos para a comunidade escolar (Figura 4), e para finalização foi aplicado aos estudantes um questionário aberto sobre a aula ministrada.

Figura 4: Socialização para a comunidade escolar.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática apresentou resultados satisfatórios, pois foi possível constatar o entusiasmo e participação dos discentes em cada etapa. As hipóteses levantadas demonstram os conhecimentos prévios dos discentes, evidenciando noções básicas de conceitos relacionados à ecologia e de taxonomia ao citarem alguns nomes populares de formigas. Os alunos também relacionaram as formigas ao fato de apenas cortarem folhas e trazer prejuízos, demonstrando desconhecer o papel ecológico delas no ambiente. As hipóteses mais comentadas foram:

- "*No pátio da escola existem inúmeras formigas vivendo em harmonia com o espaço, trabalham sempre em grupo*".
- As formigas coletadas e observadas num primeiro momento foram identificadas através de seu nome popular e de outras características como sua forma, habitat ou comportamento, sendo elas: "*boca-de-cisco", "lava-pés", "foguinho", "cabeçuda", "saúva", "cabeçuda pequena", "formiga doceira", "cortadeira", "carpinteira", "fantasma", "quenquéns", "corredeira" e "pretinha da árvore".*
- "*Vivem em sociedade e se alimentam conforme a oferta do ambiente, podendo ser carnívoras, onívoras ou herbívoras. As formigas podem diminuir a quantidade de insetos e serem polinizadoras e contribuem na decomposição".*
- *"As formigas não apresentam nenhuma importância para o meio ambiente, elas apenas fazem seu trabalho de cortar folhas para sua alimentação".*
- "As formigas são pragas e destroem plantações".

Segundo Lopes (1999), o papel da escola é investigar, primordialmente, o conhecimento dos alunos e trabalhar com base no resultado dessa investigação, sendo o professor mediador desse processo, para que se possa ratificar e/ou complementar os aprendizados corretos e retificar/desmistificar aqueles conhecimentos equivocados ainda arraigados nos estudantes.

Com o método adotado, foi possível realizar a coleta de vários exemplares distribuídos em três subfamílias e 7 gêneros na escola José Bejo e uma subfamília e 1 gênero na escola EJA (Tabela 1). A coleta na escola José Bejo apresentou maior diversidade, pois foi realizada durante o dia, enquanto na escola EJA, foi realizada no período noturno, mas o gênero coletado apresentou maior abundância.

Subfamílias	Gêneros
Myrmicinae	*Solenopsis* *Atta* *Acromyrmex* *Monomorium* *Pheidole*
Formicinae	*Camponotus*
Ponerinae	*Neoponera*

Tabela 1: Subfamílias e gêneros de Formicidae encontradas no pátio das escolas.

A maior abundância do gênero *Atta* foi encontrada na escola EJA, e tudo indica que este resultado pode ser em função da presença de uma elevada vegetação no pátio da escola, pois esse gênero de cortadeiras necessita de disponibilidade de folhas para o cultivo de um fungo. Segundo Mello (2014), um sauveiro maduro chega a cortar 8 toneladas de folhas por ano, por isso podem destruir lavouras inteiras e competir com o gado por gramíneas. Essas formigas estão associadas, positivamente, a um papel fundamental no dinamismo dos ciclos biogeoquímicos, uma vez que participam de muitas etapas ecológicas desses processos, caso elas desapareçam, centenas de milhares de espécies serão extintas e muitos ecossistemas poderão ficar, perigosamente, desestabilizados. Além disso, participam da regeneração de florestas, pois auxiliam na decomposição de vegetais, na fragmentação da matéria orgânica e ciclagem dos nutrientes (ENDRINGER, 2015).

Ao longo do processo de intervenção, foi possível debater sobre o dinamismo da família Formicidae, a diversidade, adaptação, distribuição, organização social, nicho, *habitats* e sua importância ecológica, desmitificando, assim, a má fama desses insetos pelos estudantes.

A construção dos modelos didáticos foi muito prazerosa para os alunos, demonstraram habilidades e ficaram mais encantados com as experiências que estavam vivenciando, na qual culminou com a produção de textos, mural e a socialização para a comunidade escolar. Esses modelos didáticos ficaram disponíveis para as escolas participantes.

Socializar as aprendizagens é fundamental para o processo de construção do conhecimento. Só é possível a socialização a partir do momento em que o indivíduo se apropria da informação. Conforme Santiago (2018), para reforçar essa ideia merece destaque a teoria proposta pelo psiquiatra norte-americano William Glasser, através da sua pirâmide da aprendizagem, que segundo o autor, aprendemos 95% quando ensinamos aos outros; 80% quando fazemos; 70% quando discutimos com alguém; 50% quando vemos e ouvimos; 30% quando observamos; 20% quando ouvimos e somente 10% quando lemos.

Os depoimentos na tabela 2 foram resultados do questionário aberto aplicado no término da sequência e reforçam o sucesso e a aplicabilidade deste formato de aula.

Questão 1 – O que você achou dessa proposta de aula?
"Foi a primeira vez que utilizamos este meio para compreender e aprofundar no conceito e como as "formigas" em geral vive, teve um resultado excelente, compreendi bem o modo de vida que elas possuem e mudei meu ponto de vista relacionado a formiga, foi um método que faz a turma focar mais e aumentar a participação em sala de aula." (3º ano)
"Muito interessante, pois não há este tipo de aula com frequência, e isso acabou nos motivando a ir fundo nas coletas, nas análises etc. Enfim, foi um grande aprendizado para mim como aluno e creio que para todos." (3º ano)
"Interessante uma forma mais dinâmica de ensino onde você aprende e ensina sobre a vida de algumas formigas, onde você precisa entender para poder explicar." (3º ano)
"Eu achei muito importante, pois possibilitou aprender muitas coisas que não sabia a respeito das formigas." (EJA)
Questão 2 – Como você avalia a sua aprendizagem ao longo desses conteúdos?
"Acredito que as aulas investigativas chamam mais a atenção dos alunos, há um interesse maior em aprender. Eu gosto de Biologia, sendo utilizado o livro ou a aula investigativa, mas **às** *vezes a rotina cansa e essas aulas me fazem aprender muito mais. Porque há a contribuição de todos."* (3º ano)
"Para mim foi muito importante, descobri coisas que não sabia, Ecologia para mim é uns dos melhores conteúdos de Biologia, descobri que as formigas não se alimentam das folhas e sim do fungo que é formado no ninho delas a partir das folhinhas. Aprendi muito com essa aula, além de especial, tivemos muitas ideias nas quais, discutimos sobre e conseguimos chegar a resultados maravilhosos." (3º ano)
"Aprendi de uma ampla sobre as formigas, parece que minha mente se abriu, com o trabalho em grupo, pude compreender melhor a matéria." (EJA)
Questão 3 – Como você descreve a vida das formigas no ambiente e qual a sua importância para o mesmo?
"Elas vivem de forma organizada (o que é incrível), cada formiga possui seu papel em sua sociedade, o que antes por mim era desconhecido. Seu papel no ambiente está relacionado com a dispersão de sementes, fazem decomposição, elas fazem a limpeza no meio ambiente, além de participarem da cadeia alimentar, e entre outras qualificações." (3º ano).
"Devemos levar em consideração seus benefícios ao meio, principalmente, através de seu comportamento social. Isso evidencia sua importância ao meio através do equilíbrio ecológico. Em contrapartida, os malefícios apresentados nos mostram que o desequilíbrio ecológico causado pelo homem as faz ter que se readaptar e contra-atacar para sobreviver." (3º ano)
"São importantes para formação das florestas, fertilização do solo e sua organização no sauveiro é algo impressionante." (EJA)

Tabela 2: Depoimentos dos alunos das duas escolas após o término da sequência didática.

Este último instrumento da sequência didática, possibilitou um feedback importante para que os educadores pudessem avaliar a aplicabilidade da aula proposta.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sequências didáticas voltada ao ensino por investigação foi de extrema importância, visto que deu a oportunidade para os discentes atuarem de forma mais ativa durante todo o processo de ensino e aprendizagem, tornando-se agentes e construtores do conhecimento através das etapas do método científico, permitindo, assim, uma didática diferenciada no contexto escolar.

Portanto, é muito relevante uma mudança na educação que o professor possa se tornar o mediador do conhecimento e o aluno o protagonista das situações de aprendizagem vivenciadas. Neste contexto, as sequências didáticas investigativas são aliadas em potencial do professor (MARQUES, 2016).

REFERÊNCIAS

CORDEIRO, R. S. WUO, M. MORINI, M. S. C. Proposta de Atividade de Campo para o Ensino de Biodiversidade Usando Formigas como Modelo. **Acta Scientiarum Education**, Maringá, 2010. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/11036. Acesso em: nov. 2019.

BACCARO, F. B. FEITOSA, R. M. FERNANDEZ, F. FERNANDES, I. O. **Guia Para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Manaus: INPA, 2015. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Livro_Formigas_2015.pdf. Acesso em: set. 2019.

CANDIANI, G. VITTA, S. SOUZA, W. FILHO, W. Educação Ambiental: percepção e práticas sobre meio ambiente de estudantes do ensino fundamental e médio. **Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental,** Rio Grande do Sul, v. 12, p. 75-88, 2004. Disponível em: http://www.remea.furg.br. Acesso em 19 nov. 2019.

ENDRINGER, F. B. **Ecologia e Forrageamento da Formiga Cortadeira *Atta robusta* (Borgmeier, 1939)**. 2015. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FARIA, T. M. et. al. O Papel do Ensino por Projetos na Construção de Conhecimento Científico: trabalhando conceitos de educação ambiental utilizando formigas como objeto de estudo. **Extensão,** Uberlândia, 2012. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/20778. Acesso em: set. 2019.

GUIMARÃES, L. R. **Atividades para Aulas de Ciências**: ensino fundamental 6º ao 9º ano. São Paulo: Nova Espiral, 2009.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar:** ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

MALHEIRO, J.M.S. TEXEIRA, O. P. B. A Resolução de Problemas de Biologia com Base em Atividades Investigativas: Uma análise das habilidades cognitivas presentes em alunos do ensino médio durante um curso de férias. **Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências – ENPEC**: UNICAMP, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0280-2.pdf. Acesso em: nov. 2019.

MARQUES, K. C. D. Ensino Por Investigação Através do Método Científico**.** Pernambuco: **5º Congresso Internacional Marista de Educação**, Pernambuco, 2016. Disponível em: http://www.congressomarista.com.br/wp-content/uploads/2016/10/061.pdf. Acesso em: set. 2019.

MELLO, R. A Relevância da Vida Social das Formigas na Estruturação dos Ecossistemas Terrestres: ciência e literatura como proposta transdisciplinar de conscientização ecológica. **Revista Terceiro Incluído**, Goiânia, 2014. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/teri/article/view/33942. Acesso em: nov. 2019.

PORTO, A. PORTO, L. **Ensinar Ciências da Natureza por Meio de Projetos**: anos iniciais do ensino fundamental regular. Belo Horizonte: Rona, 2012.

SANTIAGO, S.A. **Ensino da Meiose**: o que os alunos dos cursos de ciências agrárias, ciências biológicas e ciências da saúde aprendem e o que deveriam aprender. 2018. 100f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Estrutural) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, 2015.

ZOMPERO, A. F. LABURÚ, C. E. **Atividades Investigativas para as Aulas de Ciências**: um diálogo com a teoria da Aprendizagem Significativa. Curitiba: Appris, 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

CLÉCIO DANILO DIAS DA SILVA - Doutorando em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN. Especialista em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido pelo IFRN. Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Especialista em Tecnologias e Educação a Distância pela Faculdade São Luís (FSL). Graduado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Facex (UNIFACEX). Graduado em Pedagogia pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). É membro do corpo editorial da Atena Editora; Aya Editora, Editora Amplla. Tem vasta experiência em Zoologia de Invertebrados, Ecologia aplicada; Educação em Ciências e Educação Ambiental. Áreas de interesse: Fauna Edáfica; Taxonomia e Ecologia de Collembola; Ensino de Biodiversidade e Educação para Sustentabilidade.

DANYELLE ANDRADE MOTA - Mestra e Doutorada em Biotecnologia Industrial pela Universidade Tiradentes (UNIT), com internacionalização com o Doutorado Sanduíche no Instituto Superior de Agronomia pela Universidade de Lisboa. Especialista em Docência no Ensino de Ciências pela Faculdade Pio Décimo. Especialista em Neurociência pela Faculdade de Ciências da Bahia (FACIBA). Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela UFS. Durante a graduação desenvolveu pesquisas na área de Botânica (Taxonomia de Líquens), Microbiológica e Educacional. Durante o mestrado e doutorado desenvolveu trabalhos no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) atuando especialmente pesquisas focadas nas interações entre as áreas de biologia, bioquímica e engenharia química. Visando a melhoria do uso e transformação de recursos agroindustriais da região. Sendo assim, tem experiência na área de Biologia Celular, Microbiologia, Bioquímica, Química e Biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em bioprocessos. Atualmente, é colaboradora no grupo de pesquisa do ITP, professora na Rede Estadual de Sergipe, professora na Uniplan Centro Universitário e professora voluntária na Universidade Federal de Sergipe.

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

F

G

I

M

P

R

S

T

Z

A pesquisa em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

2

Desafios atuais e perspectivas futuras

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2021